



**ALBERTO DA MOTA  
GOMES**

**HIDROGEOLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS DA ILHA  
DE SANTIAGO (CABO VERDE)**





**ALBERTO DA MOTA  
GOMES**

**HIDROGEOLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS DA ILHA  
DE SANTIAGO (CABO VERDE)**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para o efeito de  
obtenção do Grau de Doutor no Ramo de Geociências especialidade em  
Hidrogeologia.





À minha Esposa, e aos nossos filhos Alberto e Ana Lúcia



## **o júri**

presidente

Doutor Paulo Jorge de Melo Matias Faria de Vila Real  
Professor Catedrático da Universidade de Aveiro

Doutor Manuel Augusto Marques da Silva  
Professor Catedrático da Universidade de Aveiro (orientador)

Doutor Cláudio Alves Furtado  
Professor Associado da Universidade de Cabo Verde

Doutora Ana Maria Pires Alencão  
Professora Associada da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Doutor Fernando Acácio Monteiro dos Santos  
Professor Auxiliar com agregação da Universidade de Lisboa

Doutor José Manuel Martins Azevedo  
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Doutora Maria Teresa Condesso de Melo  
Professor Auxiliar convidada da Universidade de Aveiro



## **agradecimentos**

À Universidade de Aveiro, na pessoa da sua Reitora Prof. Doutora Helena Nazaré, a oportunidade que me foi concedida de desenvolver este tema;

À Fundação para a Ciência e a Tecnologia da Secretaria de Estado da Ciência e da Tecnologia do Ministério da Ciência e do Ensino Superior pela concessão da Bolsa de Investigação com a referência SFRH / BD / 9791 / 2003 financiada pelo POCTI – Formar e Qualificar – Medida 1.1.

Ao orientador deste trabalho Professor Catedrático Manuel Marques da Silva, da Universidade de Aveiro, pelos ensinamentos, orientação, estímulo, compreensão, disponibilidade, empenho e dedicação sempre demonstrados ao longo da preparação dessa dissertação.

Ao Exmº Senhor Professor Catedrático Fernando Tavares Rocha, Pró-Reitor da Universidade de Aveiro, pelo interesse e estímulo demonstrado.

Ao Exmº. Senhor Professor Catedrático Eduardo Anselmo Ferreira da Silva da Universidade de Aveiro, pelo interesse e estímulo demonstrado.

À Exmª Senhora Professora Doutora Teresa Melo, da Universidade de Aveiro, pelos ensinamentos, orientação, estímulo, compreensão, disponibilidade, empenho e dedicação sempre demonstrados ao longo da preparação dessa dissertação.

Ao Exmº Senhor Professor Auxiliar Fernando Acácio Monteiro dos Santos, do Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, pelos ensinamentos, orientação, estímulo, compreensão, disponibilidade, empenho e dedicação sempre demonstrados ao longo da preparação dessa dissertação.

Ao Exmº Senhor Professor Doutor Cláudio Alves Furtado, Pró-Reitor de Pós-graduação e Investigação da Universidade de Cabo Verde, pelos aconselhamentos, orientação, estímulo, disponibilidade e empenho na leitura atenta dessa dissertação e sugestões claras no sentido de melhorar essa dissertação.

Ao Instituto Superior de Educação por me ter proporcionado tempo para dedicar à preparação da tese de dissertação.

## **agradecimentos**

Aos colegas do Centro de Geologia do Departamento de Geociências do Instituto Superior de Educação, devendo-se realçar:

. Professor António Filipe Lobo de Pina, pela colaboração e estímulo sempre presentes, principalmente nas duas campanhas de campo, no âmbito dos trabalhos desta dissertação em que foram levadas a cabo observações em 132 pontos de água, no ano de 2003, distribuídos por toda a ilha, durante a estação “seca” ou das “brisas” (Junho e Julho) e durante a estação das “águas” ou das “chuvas” Outubro e Novembro, com saídas diárias para o campo.

. Professor António Advino Sabino, especialista reconhecido no domínio da Hidrologia Superficial pela orientação, estímulo, disponibilidade para leitura atenta, na íntegra, de toda a dissertação e sugestões claras no sentido de melhorar o trabalho.

. Professora Sónia Melo Vitória pelo apoio prestado e esclarecimentos no domínio da geologia.

. Professor José Manuel Pereira pelo apoio prestado e estímulo sempre presentes, ao longo dos últimos três (3) últimos meses, com a finalidade de rever toda a geologia que serviu de suporte básico aos trabalhos de hidrogeologia.

. Ao Instituto Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos, INGRH, pela disponibilidade total evidenciada ao longo dos anos desta dissertação, quer pelo fornecimento de dados dos seus arquivos quer pelas facilidades concedidas no Laboratório de Análise de Águas.

. Ao Instituto Nacional de Investigação e Desenvolvimento Agrário, pelas facilidades concedidas na utilização do Laboratório de Análise de Águas.

**palavras-chave**

Geologia, Hidrogeologia, Sequência Estratigráfica, Inventário de pontos de água, Unidades Hidrogeológicas, Inventário de locais favoráveis à construção de barragens, Barragem de Poilão.

**resumo**

O presente trabalho tem o propósito de divulgar importantes estudos hidrogeológicos efectuados na Ilha de Santiago com a colaboração de diversas entidades, devendo-se salientar a empresa francesa BURGÉAP, as NAÇÕES Unidas e Instituições Cabo-verdianas. Do mesmo modo se procura salientar a parceria conseguida no sentido de se implementar a execução de barragens, isto é, no inventário e estudos de base das zonas favoráveis à captação de águas superficiais e construção de barragens.

O trabalho está estruturado em 10 capítulos complementares:

- I – Enquadramento do Arquipélago de Cabo Verde;
- II – Apresentação da Ilha de Santiago;
- III – Geologia;
- IV - Geomorfologia e Alimentação de Aquíferos;
- V - Climatologia;
- VI - Hidrogeologia;
- VII – Qualidade de Água Subterrânea;
- VIII- O uso da Geofísica em Hidrogeologia – O método VLF;
- IX - Hidrologia Superficial;
- X - Comportamento das Rochas Vulcânicas face à circulação das águas.

Na sequência dos trabalhos realizados, foi possível a obtenção de água potável para abastecimento às populações, água para agricultura e para outras necessidades





**keywords**

Geology, hydrogeology, stratigraphical sequence, inventories of points of water, hydrogeological units, inventory of favourable places for dams construction, Poilão dam.

**abstract**

This work tends to publish important hydrogeology studies realized in Santiago Islands with the collaboration of different entities, namely the French enterprise BURGÈAP, the United Nations and some Cape Verdean Institutions. In the same way, it is worthy to point out the important partnership established in order to implement the execution of dams, that is, in the inventory and the basis study of favourable areas to the reception of superficial waters and dams construction.

The work is divided into 10 complementary chapters:

- I - Location of the Cape Verde Archipel;
- II - Presentation of the Santiago Island;
- III - Geology;
- IV - Geomorphology and water provision;
- V - Climatology;
- VI - Hydrogeology;
- VII - Quality of underground water;
- VIII - Superficial hydrology;
- IX - The geophysics use in hydrogeology - The VLH method;
- X - Behaviour of the volcanic rocks in relation to the waters circulation.

In the sequence of the works above referred, it was possible the obtaining of drinking water for provisioning to the agglomerates population, water for irrigation and other needs.



# ÍNDICE

1.	ENQUADRAMENTO DO ARQUIPÉLAGO DE CABO VERDE .....	17
1.1.	Origem e Localização .....	19
1.2.	População .....	22
1.3.	Recursos Hídricos .....	23
	Referências Bibliográficas .....	25
2.	APRESENTAÇÃO DA ILHA DE SANTIAGO .....	27
2.1.	Enquadramento da Ilha .....	29
2.2.	População da ilha de Santiago .....	32
2.3.	Recursos Hídricos .....	33
	Referências Bibliográficas .....	34
3.	GEOLOGIA .....	35
3.1.	História Geológica da Ilha de Santiago .....	37
3.2.	Sequência Vulcano – Estratigráfica .....	39
	Referências Bibliográficas .....	78
4.	GEOMORFOLOGIA E ALIMENTAÇÃO DE AQUÍFEROS .....	79
4.1.	Geomorfologia .....	81
4.1.1.	Introdução .....	81
4.1.2.	Caracterização das Grandes Unidades Geomorfológicas .....	81
4.2.	Alimentação de Aquíferos .....	94
	Referências Bibliográficas .....	97
5.	CLIMATOLOGIA .....	99
5.1.	Clima e o Tempo .....	101
5.2.	Elementos do Clima .....	101
5.2.1.	Temperatura .....	101
5.2.2.	Pressão e ventos .....	103
5.2.3.	Humidade Relativa e Nebulosidade .....	106
5.2.4.	Insolação e evaporação .....	108
5.2.4.1.	Insolação .....	108
5.2.4.2.	Evaporação .....	111
5.3.4.3.	Chuvas: Regime e Distribuição .....	115
5.3.	Factores de Clima e de Tempo .....	132
	Referências Bibliográficas .....	135
6.	HIDROGEOLOGIA .....	137
6.1.	Introdução .....	139
6.2.	Inventário de pontos de água .....	139
6.3.	Rede de Observação e Controlo .....	152
6.3.1.	Controlo Hidrogeológico nos anos 2002, 2003, 2004, 2005 e 2006 .....	153
6.4.	Observações de 2003 .....	157
6.4.1.	Observações efectuadas na estação “seca” ou “das brisas” – Junho e Julho .....	157
6.4.2.	Seguimento de pontos de água durante a estação “das águas” ou “das chuvas” – Outubro e Novembro .....	163
6.5.	Observações ao longo do ano 2004 .....	170
6.6.	Interpretação de ensaios de caudal .....	177
6.6.1.	Introdução .....	177
6.6.2.	Interpretação de Ensaios de Bombagem .....	178
6.7.	Unidades hidrogeológicas .....	194
6.8.	Comportamento das rochas vulcânicas face à circulação das águas .....	198
6.8.1.	Introdução .....	198

6.8.2. Armazenamento e circulação da água.....	200
Referências Bibliográficas .....	202
7. QUALIDADE DAS ÁGUAs SUBTERRÂNEAS .....	209
7.1. Introdução .....	211
7.2. Metodologia - caracterização hidroquímica geral .....	211
7.3. Caracterização hidroquímica das principais unidades hidrogeológicas da Ilha de Santiago .....	212
7.4. Impacto da actividade agrícola no quimismo das águas subterrâneas .....	215
7.5. Dados da qualidade da água.....	218
7.6. Política da Água .....	220
7.7. Conceito da Potabilidade.....	221
7.8. Contaminação de águas subterrâneas .....	222
7.9. Desinfecção da água em Cabo Verde .....	224
7.10.Campanha de 2005 .....	225
7.11.Resultados dos trabalhos realizados em 20 (vinte) pontos de água em 2005, nos meses de Agosto Setembro e Outubro.....	226
Referências Bibliográficas .....	248
8. HIDROLOGIA SUPERFICIAL .....	251
8.1. Inventário de zonas favoráveis para aproveitamento de águas superficiais na ilha de Santiago.....	253
8.2. A Barragem de Poilão .....	255
8.2.1. Acções prévias concernentes à construção da Barragem .....	255
8.2.2. Barragem de Poilão.....	257
8.2.3. Utilização da Água da Barragem.....	266
8.2.4. Objectivo Principal do Plano .....	266
Referências Bibliográficas .....	268
9. O USO DA GEOFÍSICA EM HIDROGEOLOGIA.....	269
9.1. Introdução .....	271
9.2. Aquisição de dados.....	272
9.3. Dados e Interpretação VLF .....	274
9.3.1. Ribeira de Cumba.....	280
9.3.2. Ribeira Seca.....	281
9.3.3. Ribeira dos Picos.....	282
9.4. Conclusões e recomendações .....	282
Referências Bibliográficas .....	285
10. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	287

**1.**

# **ENQUADRAMENTO DO ARQUIPÉLAGO DE CABO VERDE**



## 1.1. ORIGEM E LOCALIZAÇÃO

As ilhas de Cabo Verde elevam-se de um soco submarino, em forma de ferradura, situado a uma profundidade da ordem de 3.000 metros. Deste soco emergem três pedestais bem distintos (Bebiano, 1932):

- > um a **Norte**, compreendendo as ilhas de St.<sup>o</sup> Antão, S. Vicente, St.<sup>a</sup> Luzia e S. Nicolau e os ilhéus Boi, Pássaros, Branco e Raso;
- > outro a **Leste** e a **Sul**, com as ilhas do Sal, Boa Vista, Maio e Santiago e os ilhéus Rabo de Junco, Curral de Dadó, Fragata, Chano, Baluarte e de Santa Maria;
- > e outro a **Oeste**, compreendendo as ilhas do Fogo e da Brava e os ilhéus Grande, Luís Carneiro e de Cima. (Fig. 1.1.1. Mapa de Cabo Verde e distribuição das ilhas nos três pedestais e Tabela 1.1.1 – Tabela comparativa das dimensões das Ilhas e Ilhéus).

A formação das ilhas teria sido iniciada por uma actividade vulcânica submarina central, mais tarde completada por uma rede fissural manifestada nos afloramentos (Serralheiro, 1976 e Macedo *et al.*, 1988, adaptado por Mota Gomes et al. 2004).

A maior parte das ilhas é dominada por emissões de escoadas lávicas e de materiais piroclásticos subaéreos (escórias, bagacinas ou “lapilli” e cinzas), predominantemente basálticos (Serralheiro, 1976 e Macedo et al., 1988, adaptado por Mota Gomes et al. 2004).

O Arquipélago de Cabo Verde fica localizado na margem Oriental do Atlântico Norte, a cerca de 450 Km da Costa Ocidental da África e a cerca de 1.400 Km a SSW das Canárias, limitado pelos paralelos 17° 13' (Ponta Cais dos Fortes, Ilha de St.<sup>o</sup> Antão) e 14° 48' de latitude Norte (Ponta de Nho Martinho, Ilha Brava) e pelos meridianos de 22° 42' de longitude Oeste de Greenwich (ilhéu Baluarte, Ilha da Boa Vista) e 25° 22' (Ponta Chã de Mangrado, Ilha de St.<sup>o</sup> Antão) (Borges, 2000); (Fortes, 2001), (Tavares 2001).

Distancia cerca de 2.000 Km a Leste do actual “rift” da “Crista Média Atlântica” e a Oeste da zona de quietude magnética (“quite zone”), entre as isócronas dos 120 e 140 M.A., segundo Vacquier (1972), e a dos 107 e 153 M.A., segundo Haynes & Rabinowitz (1975), argumentos invocados para se considerar que as ilhas teriam sido geradas em ambiente oceânico. Emerge de uma região elevada do actual fundo oceânico, que faz parte da “Crista de Cabo Verde” (“Cape Verde Rise”), e que na vizinhança das ilhas corresponde a um domo com cerca de 400 Km de largura (Lancelot et al., 1977). Presume-se que um domo daquelas dimensões representa um fenómeno importante, possivelmente relacionado com descompressão e fusão parcial (Le Bas, 1980) que forneceria a fonte dos magmas que originaram as ilhas (Stillman et al., 1982). As ilhas ter-se-iam implantado por um mecanismo do tipo “hot-spot”, de acordo com alguns autores segundo Mota Gomes (2004).

tab. 1.1.1. Sinopse relativa à topologia das ilhas e ilhéus do Arquipélago de Cabo Verde

Ilhas e ilhéus	Superfícies [km <sup>2</sup> ]	Comprimento máx. [m]	Largura máx. [m]	Altitude máx. [m]
St.º Antão	779	42750	23970	1978
S. Vicente	227	24250	16250	725
St.ª Luzia	35	12370	5350	395
I. Branco	3	3975	1270	327
I. Raso	7	3600	2770	164
S. Nicolau	343	44500	22000	1304
Sal	216	29700	11800	406
Boavista	620	28900	30800	387
Maio	269	24100	16300	436
Santiago	991	54900	28800	1394
Fogo	476	26300	23900	2829
Brava	64	10500	9310	976
I. Grande	2	2350	1850	95
I.L. Carneiro	0,22	1950	500	32
I. de Cima	1,15	2400	750	77

Fonte: Bebianio (1932)

Tendo em conta os ventos dominantes, os alísios de nordeste, é costume dividir o arquipélago em dois grupos (Pina, 2005) (Fig. 1.1.2):

- i. **Barlavento**, formado pelas ilhas de Santo Antão, São Vicente, Santa Luzia, São Nicolau, Sal e Boavista e os ilhéus Boi, Pássaros, Branco, Raso, Rabo de Junco, Curral de Dadó, Fragata, Chano e Baluarte, de Santa Maria; e
- ii. **Sotavento**, formado pelas ilhas do Maio, Santiago, Fogo e Brava e os ilhéus de Santa Maria, Grande, Luís Carneiro e de Cima.

Segundo Amaral (1964), as ilhas foram encontradas em duas expedições, em 1460 e 1462, tendo a “descoberta” da ilha de Santiago sido uma das primeiras. Considerando o conjunto das ilhas, Santiago avanta-se em relação às demais pelos seguintes aspectos: ocupa uma posição não marginal, com bons ancoradouros abrigados dos ventos predominantes, um relevo dissecado que lhe permite ter vales largos e achadas (zonas planas) extensas, de todas é a maior entre as ilhas e a terceira mais alta. Aí se estabeleceu, desde o começo do século XVI, uma “escala” de navegação para a África, a América e o Oriente. Embora o Governo tenha residido ocasionalmente noutras ilhas, Santiago foi sempre o centro político do arquipélago e, até à fundação do Mindelo (cerca de 1850), um porto natural magnífico, o único nó de todas as relações marítimas. Povoada por brancos e pretos escravos de origem africana, estes não tardaram a prevalecer. Dada a importância da agricultura e a mão de obra que recebeu para ela é, no conjunto das ilhas “crioulas”, a mais povoada. Tem uma área de 991 km<sup>2</sup> e mais de 50% da população do Arquipélago. (Censo de 2000 do INE).

O clima (temperatura média anual 25°C, precipitação muito variável) é caracterizado pela ocorrência de duas estações perfeitamente marcadas (Fernandes, 2004):

- > A das “águas”, a mais quente, de Agosto a Outubro, de chuvas intermitentes ligadas à deslocação setentrional da Convergência Inter Tropical (CIT);



- > A das “brisas”, de Dezembro a Junho, mais fresca e seca, em que predomina a acção dos alísios. O efeito da altitude combina-se com o da orientação das massas do relevo em relação aos ventos dominantes, para daí resultar uma gama variada de climas locais: aridez no litoral, humidade e vegetação nos pontos altos, precipitação maior na vertente oriental e escassez de humidade na vertente ocidental.

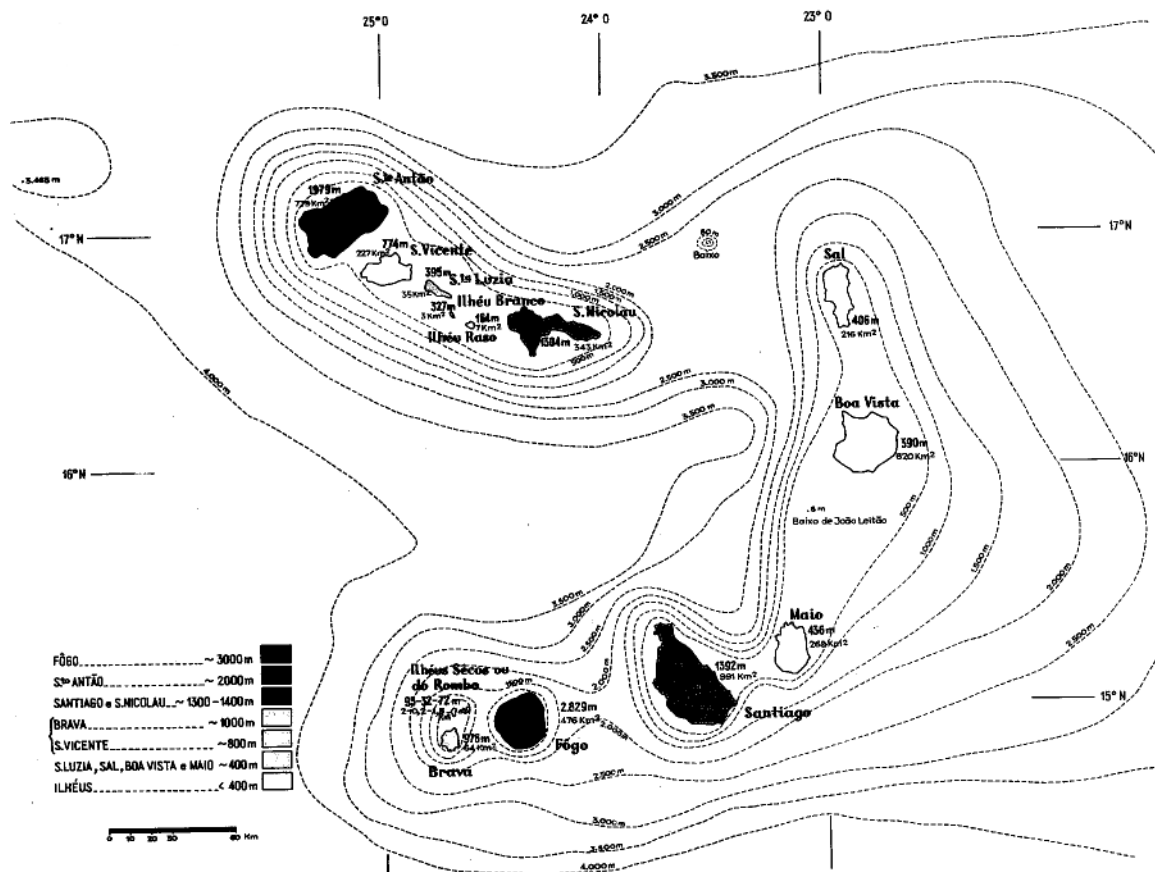


fig.1.1. 1. Mapa de distribuição das ilhas nos três pedestais

Fonte: Bebiano (1932)

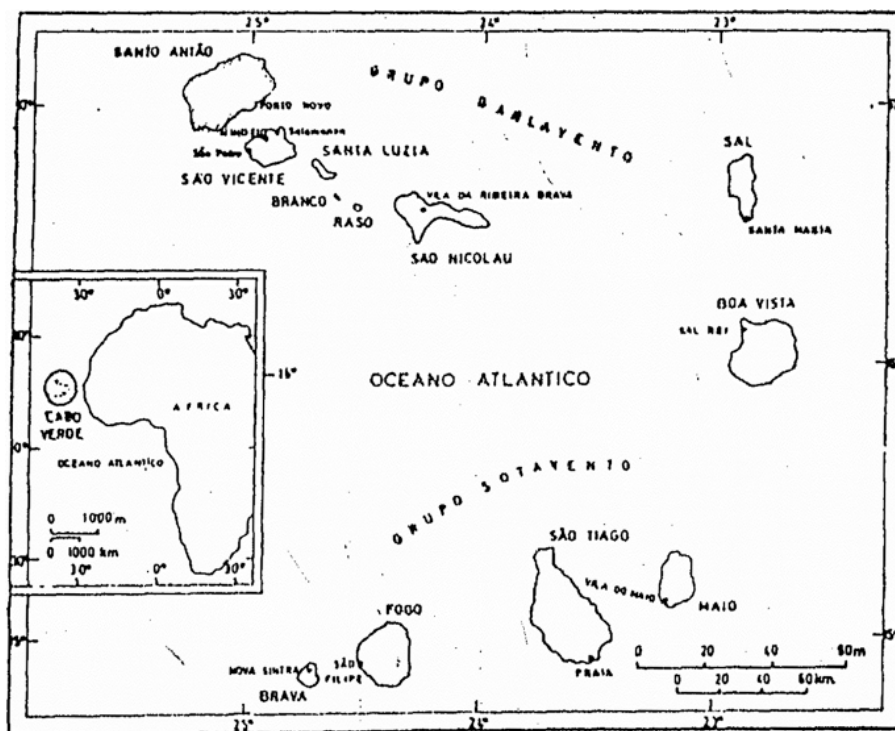


fig. 1.1.2. Mapa do Arquipélago de Cabo Verde, em relação aos ventos dominantes.

## 1.2. POPULAÇÃO

De acordo com o Recenseamento Geral da População e Habitação do Instituto Nacional de Estatística de Cabo Verde do ano 2000, o Arquipélago de Cabo Verde tem uma população de 431.989 habitantes, podendo-se realçar que 207.994 são do sexo masculino enquanto que 223.995 são do sexo feminino (Tabela 1.2.1.).

tab. 1.2.1. População residente por sexo e ilha em 2000

Ilhas	População Residente em 2000		
	Total	Masculino	Feminino
Cabo Verde	431.989	207.994 (48,1%)	223.995 (51,9%)
Santo Antão	47.042	24.359	22.683
São Vicente	66.671	32.820	33.851
São Nicolau	13.647	6.782	6.865
Sal	14.596	7.668	6.928
Boa Vista	4.206	2.234	1.972
Maio	6.740	3.150	3.590
Santiago	234.940	109.693	125.247
Fogo	13.375	6.496	6.879
Brava	4.374	2.180	2.194

Fonte: Instituto Nacional de Estatística (2000)

### 1.3. RECURSOS HÍDRICOS

A precipitação é a origem dos Recursos Hídricos. (Mota Gomes, 1999). Toda a água utilizada (com a excepção da água dessalinizada), tem a sua origem na chuva. Assim, os Recursos Hídricos Subterrâneos e Superficiais são alimentados pelas precipitações. Infelizmente, há dezenas de anos que a precipitação em Cabo Verde tem sido bastante irregular, com o agravante de que uma boa parte se perde no mar.

“O balanço hidrológico mostra que a precipitação que cai sobre as ilhas se reparte, em termos médios, da seguinte maneira” (Esquema Director para a Exploração dos Recursos Hídricos –1993–2005, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – Conselho Nacional de Águas, Instituto Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos, Abril de 1993”):

- > 67% evapora-se;
- > 20% escoar-se sob a forma de escoamento superficial;
- > 13% recarga os aquíferos.

Os Recursos Hídricos Subterrâneos são estimados em 124 milhões de metros cúbicos por ano. Dessa quantidade total, apenas 65 milhões de metros cúbicos por ano é tecnicamente explorável, num ano de pluviometria regular e 44 milhões de metros cúbicos por ano, nos períodos de seca.

Os Recursos Hídricos Superficiais são estimados em 181 milhões de metros cúbicos por ano. Estes recursos superficiais, praticamente não são explorados, até à presente data, devido à inexistência de dispositivos de captação e de armazenamento (barragens, por exemplo). Acaba de ser construída a primeira barragem do país (Barragem do Poilão).

tab. 1.3.1. Recursos Hídricos (milhões de m<sup>3</sup>/ano)

Ilha	Precipitação	Água Superficial	Água Subterrânea		
	[mm]		Bruto	Explorável	Explorável
	(período médio)	(período médio)	(período médio)	(período médio)	(período seco)
Santo Antão	186	27,0	28,6	21,3	14,5
S. Vicente	21	2,3	0,6	0,4	0,2
S. Nicolau	49	5,9	4,2	2,5	1,5
Sal	13	0,7	0,4	0,1	0,05
Boa Vista	42	2,5	1,6	0,7	0,3
Maio	41	4,7	2,1	0,9	0,5
Santiago	323	56,6	42,4	26,0	16,5
Fogo	233	79	42	12,0	9,3
Brava	17	2,3	1,9	1,6	1,0
Cabo Verde	925	181	124	65	44

Fonte: Schéma Directeur pour la mise en valeur des ressources en eau (1993 – 2005) Volume 1, Chapitre 3, pg. 3.14 – Source : Projet PNUD/DDES CVI – 87 – 001.

O estudo mais recente, realizado pela Cooperação Japonesa, relativamente à Ilha de Santiago conclui, contrariamente a todos os outross estudos anteriores, que a perda através do escoamento superficial, na Ilha de Santiago, seria superior às perdas por evaporação!!! (tabelas 1.3.2., 1.3.3., 1.3.4.). Esta conclusão mudar fortemente os dados do problema, especialmente em termos de potencialidade de evaporação das águas superficiais.

tab.1.3.2. Disponibilidades em Água

Origem	Evaporação	Escoamento superficial	Infiltração
CVI/75/001	50%	33%	17%
PNUD/INGRH	67%	20%	13%
Coop. Japonesa	36%	51 %	13%
Valor Médio	51 %	34,7%	14,3%

tab.1.3.3. Estimativa das Águas Superficiais (milhões de m³/ano)

Ilha	PNUD	Plano director	Cooperação Japonesa
St.º Antão	97	27	
S. Vicente	2	2,3	
S. Nicolau	14	5,9	
Sal	2	0,7	
Boa Vista	6	2,5	
Maio	4	4,7	
Santiago	108	56,6	168,4
Fogo	87	79	
Brava	8	2,3	
Total	328	181	

tab. 1.3.4. Estimativa das águas subterrâneas (milhões de m³/ano)

Ilha	BURGÉAP	PNUD	Plano director	Cooperação Japonesa
St.º Antão	29,2	54,0	28,6	
S. Vicente	0,3	1,0	0,6	
S. Nicolau	4,3	9,0	4,2	
Sal	0,1	1,0	0,4	
Boa Vista	0,4	5,0	1,6	
Maio	1,1	3,0	2,1	
Santiago	21,9	55,0	42,4	34,9
Fogo	21,9	42,0	42,0	
Brava	1,64	5,0	1,9	
Total	80,84	175	124	

## **Referências Bibliográficas**

- AMARAL, Ilídio do. 1964. Santiago de Cabo Verde. A Terra e os Homens, Memórias da Junta de Investigações dfo Ultramar, 2ª ser. nº 48, Lisboa..
- BEBIANO, J. Bacelar. 1932. A Geologia do Arquipélago de Cabo Verde, Lisboa.
- FERNANDES, Jorge Heclinton da Silva. 2004. Hidrogeologia do Concelho de Santa Catarina. Praia.
- GOMES, Alberto da Mota. 1999. Análise de resultados – O PNUD em Cabo Verde e o novo milénio. Protecção de Ambiente, Gestão dos Recursos Naturais, Luta Contra a Pobreza, Praia.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA (2000) – Recenseamento Geral da População e Habitação, Praia.
- MACEDO, J. Rocha de, SERRALHEIRO A. e SILVA, L. Celestino, 1988. Notícia Explicativa da Carta Geológica da Ilha de S. Nicolau (Cabo Verde) na escala 1:50.000, Garcia de Orta, Ser. Geológ, 11 (1–2), Lisboa.
- PINA, Pedro da Costa de, 2005. Gestão Integrada do Perímetro Irrigado de Colonato e o impacto sócio–económico na Comunidade de Chão Bom, Praia.
- SCHÉMA DIRECTEUR POUR LA MISE EN VALEUR DES RESSOURCES EN EAU (1993 – 2005) Volume 1, Chapitre 3, pg. 3.14 – Source : Projet PNUD/DDES CVI – 87 – 001, Paris.
- SERRALHEIRO, António, 1976 – A geologia da Ilha de Santiago (Cabo Verde), Lisboa



**2.**

## **APRESENTAÇÃO DA ILHA DE SANTIAGO**





## 2.1. ENQUADRAMENTO DA ILHA

A ilha de Santiago tem uma forma adelgada e fica situada na parte Sul do Arquipélago entre os paralelos 15° 20' e 14° 50' de latitude Norte e os meridianos 23° 50' e 23° 20' de longitude Oeste do meridiano de Greenwich. Tem um comprimento máximo de 54,9 km entre a Ponta Moreia, a Norte, e a Ponta Mulher Branca, a Sul, e uma largura máxima de 29 km entre a Ponta Janela, a Oeste, e a Ponta Praia Baixo, a Leste.

Na parte Norte da ilha observa-se um estreitamento pronunciado, entre Chão Bom, a Oeste, e Porto Formoso, a Leste, da ordem dos 6 km (Gonçalves, 2005).

A formação da ilha teria sido iniciada por uma actividade vulcânica submarina central, mais tarde completada por uma rede fissural manifestada nos afloramentos (Serralheiro, 1976; Macedo et al., 1988).

A ilha é dominada por emissões de escoadas lávicas e de materiais piroclásticos subaéreos (escórias, bagacinas ou “lapilli” e cinzas), predominantemente basálticos.

Administrativamente a ilha é constituída por nove (9) Concelhos e onze (11) Freguesias, de acordo com a Fig. 2.1.1. (Jeremias, 2006) e Tabela 2.1.1. (Jeremias, 2006).

- > Concelho da Praia: Localizado na parte Sul, ocupando uma área de 97 km<sup>2</sup>, com uma população total de 114688 habitantes e distribuídos pela freguesia de Nossa Senhora da Graça.
- > Concelho de São Domingos: Com uma área de cerca de 134,5 km<sup>2</sup>, com uma população de 13897 habitantes, distribuídos pelas freguesias de São Nicolau Tolentino e Nossa Senhora da Luz.
- > Concelho de Santa Catarina: Situado na parte central, apresenta uma área de 214,2 km<sup>2</sup>, e uma população de 44969 habitantes, formado pela freguesia de Santa Catarina.
- > Concelho de Santa Cruz: Situado na zona Leste, ocupa uma área de 109,8 km<sup>2</sup>, com uma população de 27807 habitantes, constituído pela freguesia de Santiago Maior.
- > Concelho do Tarrafal: Situado a Norte, abrange uma área de 112,4 km<sup>2</sup> e apresenta uma população de 26786 habitantes distribuídos pela freguesia de Santo Amaro Abade.
- > Concelho de São Miguel: Situado a nordeste, ocupa uma área de 91,0 km<sup>2</sup>, na qual reside uma população de 17008 habitantes, pertencente à freguesia de São Miguel Arcanjo.

- > Concelho de S. Lourenço dos dos Órgãos, criado pelo Decreto-lei nº 64/VI/2005, localiza-se na parte central, ocupando uma área de 38,5 km<sup>2</sup>, com uma população de 8513 habitantes distribuídos pela freguesia de S. Lourenço dos Órgãos.
- > Concelho de S. Salvador do Mundo, criado pelo Decreto-lei nº 65/VI/2005, localizado na parte central da ilha, com uma área de 28,7 km<sup>2</sup> e uma população de 10027 habitantes, pertencente à freguesia dos Picos.
- > Concelho de Ribeira Grande de Santiago, criado pelo Decreto-lei nº 63/VI/2005, localizado na parte Sul da ilha, com uma área de 164,2 km<sup>2</sup> e uma população de 8957 habitantes, pertencentes às freguesias de Santíssimo Nome de Jesus e S. João Baptista.



fig. 2.1.1. Distribuição dos Concelhos

Fonte: Ministério de Infraestruturas e Transporte, 2006

tab. 2.1.1. Distribuição dos actuais Concelhos da Ilha de Santiago

concelho	área [km <sup>2</sup> ]	população	freguesia
Praia	97	114.688	N.ª Senhora da Graça
Ribeira Grande de Santiago	164,2	8.957	Santíssimo Nome de Jesus S. João Baptista
S. Domingos	134,5	13.897	S. Nicolau Tolentino N.ª Senhora da Luz
Santa Catarina	214,2	44.969	Santa Catarina
S. Salvador do Mundo	28,7	10.027	S. Salvador do Mundo
Tarrafal	112,4	26.786	Santo Amaro Abade
Santa Cruz	109,8	27.807	Santiago Maio
S. Lourenço dos Órgãos	38,5	8.513	S. Lourenço dos Órgãos
S. Miguel	91	17.008	S. Miguel

Fonte: Instituto Nacional de Estatística de Cabo Verde (2005)

## 2.2. POPULAÇÃO DA ILHA DE SANTIAGO

A Ilha de Santiago conta com uma população de 234.940 habitantes, sendo 109.693 do sexo masculino, enquanto que 125.247 são do sexo feminino, de acordo com o Recenseamento Geral da População e Habitação do Instituto Nacional de Estatística do ano 2000.

Para melhor elucidação apresentaremos um quadro resumo da distribuição da população por concelhos e por sexo (Tabela 2.2.1.).

tab. 2.2.1. População de Santiago por sexo e concelho em 2000

Ilha / Concelho e Sexo	População Residente
<b>Ilha de Santiago</b>	234.940
Masculino	109.693
Feminino	125.247
<b>Tarrafal</b>	17.784
Masculino	7.904
Feminino	9.880
<b>Santa Catarina</b>	40.657
Masculino	18.415
Feminino	22.242
<b>Santa Cruz</b>	25.184
Masculino	11.861
Feminino	13.323
<b>Praia</b>	97.305
Masculino	47.019
Feminino	50.286

tab. 2.2.1. (continuação) População de Santiago por sexo e concelho em 2000

Ilha / Concelho e Sexo	População Residente
<b>São Domingos</b>	<b>13.305</b>
Masculino	6.401
Feminino	6.904
<b>São Miguel</b>	<b>16.104</b>
Masculino	7.114
Feminino	8.990
<b>Órgãos</b>	<b>7.781</b>
Masculino	3.667
Feminino	4.114
<b>São Salvador do Mundo</b>	<b>9.172</b>
Masculino	4.148
Feminino	5.024
<b>Ribeira Grande</b>	<b>8.747</b>
Masculino	4.139
Feminino	4.608

Fonte: Instituto Nacional de Estatística (Censo 2000)

## 2.3. RECURSOS HÍDRICOS

Os trabalhos hidrogeológicos que conduziram à exploração e gestão de água subterrânea na ilha de Santiago tiveram por finalidade, essencialmente, fornecer água potável para as populações e água para irrigação.

É assim que, na sequência dos trabalhos realizados em 1969 e de 1971 a 1973, a empresa francesa BURGEAP preparou os verdadeiros alicerces que serviram de suporte aos trabalhos que vieram a ser realizados pelas NAÇÕES UNIDAS, assim como os que têm sido realizados pelos TÉCNICOS CABO-VERDIANOS

O Governo cabo-verdiano, através do Plano Director para a Exploração dos Recursos Hídricos – 1993/2005 (Diagnóstico e Plano de Acção para a Ilha de Santiago), tem vindo a fazer esforços consideráveis no sentido de fornecer água potável para as populações, para irrigação e para outras necessidades.

Furos, poços, nascentes são os pontos de água que têm sido utilizados para a satisfação das necessidades em água potável às populações e pode-se dizer que a contribuição das Águas Subterrâneas tem respondido satisfatoriamente a essas exigências/necessidades (Tabela 2.3.1).

Também é de assinalar que, nos últimos anos, se tem recorrido à dessalinização da água do mar para reforço de abastecimento em água potável à Cidade da Praia.

Perspectivando o desenvolvimento da ilha de Santiago impõe-se, e com carácter de urgência, a utilização de Águas Superficiais através de barragens, ao mesmo

tempo que se deve continuar a exploração de Águas Subterrâneas, mas de forma rigorosamente controlada, isto é, uma Gestão Integrada de Recursos Hídricos Subterrâneos e Recursos Hídricos Superficiais traduzida na mobilização desses recursos, assim como numa correcta utilização, de modo que se justifica a melhoria de condições da prática de agricultura.

A agricultura ocupa lugar de destaque na actividade económica da população da ilha de Santiago. As culturas pluviais e as irrigadas são os tipos de cultura que normalmente se utilizam, mas em condições deveras aleatórias e que, em parte, não respondem às exigências/necessidades da população.

tab. 2.3.1. Recursos Hídricos (milhões de m³/ano)

Ilha	Precipitação	Água Superficial	Água Subterrânea		
	[mm]		Bruto	Explorável	Explorável
	(período médio)	(período médio)	(período médio)	(período médio)	(período seco)
Santiago	323	56,6	42,4	26,0	16,5

Fonte: Schéma Directeur pour la mise en valeur des ressources en eau (1993 – 2005) Volume 1, Chapitre 3, pg. 3.14 – Source : Projet PNUD/DDES CVI – 87 – 001.

## Referências Bibliográficas

- AMARAL, Ilídio do. 1964. Santiago de Cabo Verde. A Terra e os Homens, Memórias da Junta de Investigações dfo Ultramar, 2ª ser. nº 48, Lisboa..
- BEBIANO, J. Bacelar, 1932 . A Geologia do Arquipélago de Cabo Verde, Lisboa.
- GONÇALVES, Vitalina Fernandes. 2004. Exploração e Gestão de Águas Subterrâneas na Freguesia de S. Lourenço dos Órgãos, Praia.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA (2000). Recenseamento Geral da População e Habitação de Cabo Verde, Praia.
- MINISTÉRIO DE INFRAESTRUTURAS E TRANSPORTE (2006) . Distribuição dos Concelhos da Ilha de Santiago. Praia,
- SCHÉMA DIRECTEUR POUR LA MISE EN VALEUR DES RESSOURCES EN EAU (1993 – 2005) Volume 1, Chapitre 3, pg. 3.14 – Source : Projet PNUD/DDES CVI – 87 – 001, Paris.
- SERRALHEIRO, António, 1976 – A geologia da Ilha de Santiago (Cabo Verde), Lisboa

**3.**

## **GEOLOGIA**





### 3.1. HISTÓRIA GEOLÓGICA DA ILHA DE SANTIAGO

António Serralheiro, na sua publicação “A Geologia da Ilha de Santiago – Cabo Verde (1976), p.195,196,197 e 198, apresenta um resumo da história geológica da ilha de Santiago, embora tendo em conta algumas lacunas que, apesar de tudo, este trabalho deixa no seu conhecimento.

As primeiras manifestações vulcânicas no arquipélago deram-se no Paleogénico na ilha do Maio. Não é de admitir um período muito posterior para Santiago. Esta actividade exclusivamente submarina quando extrusiva, teve três focos principais, definidos pelo estudo geofísico, os quais estão associados aos baricentros. Não se conhecem testemunhos indiscutíveis de construções vulcânicas extrusivas associadas aos afloramentos do Complexo Antigo (CA). Resta-nos, apenas, a presença de calhaus rolados nos diferentes sedimentos de fácies terrestres (conglomerados antigos e Complexo de Base), que dão indicações petrográficas.

Os edifícios subaéreos relacionados com a actividade de pré-formação dos Flamengos ou foram totalmente destruídos ou estão ocultos sob os derrames mais modernos. Os actuais afloramentos do CA devem corresponder, certamente, aos locais onde se situavam aqueles relevos residuais, que a erosão vem destruindo até à actualidade. É bem de ver que os derrames da formação dos Flamengos contrastavam fortemente com os antigos, devido à frescura das lavas e, por esse facto, aqueles foram mais rápida e facilmente arrasados.

Os depósitos continentais e marinhos da formação dos Órgãos marcam longo período de acalmia na actividade vulcânica, apesar de dois episódios eruptivos de curta duração, assinalados na Bidela.

A história Geológica de Santiago, até esta altura, tem fases importantes, a saber:

- i. Erupções iniciais submarinas até que o edifício emergiu, passando a ter vulcanismo subaéreo. Desconhecem-se quais as formações e tipos petrográficos que lhes correspondem, havendo apenas o complexo interno, como testemunho, em parte, dessas actividades.  
Paleogénico.
- ii. Longa pausa na actividade vulcânica e intensa acção erosiva, com destruição dos aparelhos emersos. Formação de grandes depósitos submarinos correspondentes aos materiais desses edifícios.  
Oligocénico e início do Miocénico inferior (?).
- iii. Transgressão marinha, que elevou o nível do mar acima da altitude de 450 m.  
Miocénico inferior.
- iv. Intensa actividade ígnea com formação de extensos mantos, formação dos Flamengos, (actualmente, em Santiago só se conhece a fácies submarina).

Miocénico médio.

- v. Regressão, mas até um nível não inferior a 250 m, associada a pausa na actividade ígnea, e com formação de espessos depósitos sedimentares de fácies terrestres e marinha (formação dos Órgãos).

Miocénico médio–superior.

Em Santiago, repousando sobre as formações mais antigas, eruptivas e sedimentares, encontram-se os primeiros derrames do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia (PA). Neste complexo distinguem-se subunidades bem individualizadas, de fácies terrestre e submarina, separadas umas das outras por superfícies de erosão e/ou por sedimentos, fossilíferos quando marinhos. Não só houve pausas na actividade vulcânica geral, como também oscilações no nível do mar. Há grandes interrupções na actividade ígnea do PA, com formação de vales onde se depositaram aluviões espessas. Durante os primeiros tempos de construção do grande edifício vulcânico, há mudança nos tipos petrográficos expelidos, com construção de vários domas endógenos de rochas mais saturadas (traquíticas e fonolíticas) do que as habituais, as quais se situam no lado noroeste da ilha. A actividade básica recomeça e forma-se a parte mais alta da ilha, cobrindo os materiais anteriores, pelo menos na parte central.

Existe uma grande depressão, caldeira de erosão, que ocupa área praticamente igual em configuração e superfície, à da situada na vertente Leste da serra do Pico da Antónia onde anteriormente se depositaram os materiais da formação dos Órgãos. Esta caldeira de erosão, da Assomada, situa-se entre as serras do Pico da Antónia, Palha Carga e a da Malagueta. Esta depressão, semelhante à que actualmente se desenvolve na zona de S. Jorge dos Órgãos, por evolução avançada, destruiu progressivamente a bordeira da mesma. Tal evolução levou ao isolamento da parte central da ilha, dos actuais relevos, de Palha Carga e Brianda, no lado poente, e à serra da Malagueta, no lado setentrional. É evidente que o exagero das dimensões da caldeira, tal como se apresenta, fez perder as características de depressão fechada. É preciso acrescentar à evolução da própria caldeira, a de outros acidentes vizinhos que, forçosamente, acabaram por imbricar-se e, como tal, destruir as características morfológicas típicas de tais bacias de erosão. A relativa conservação da caldeira deve-se aos derrames da formação da Assomada, que evitaram o recuo rápido das suas paredes.

Os derrames da Assomada que ocuparam a depressão até ao mar, formam discordância com os mantos antigos daquelas serras. Não foi possível averiguar quando tiveram lugar aqueles derrames mais modernos, admitindo que possam ser contemporâneos de algumas das fases superiores, c) ou d) do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia (tab. 3.2.1.).

Segue-se nova pausa na actividade vulcânica e acentua-se a erosão com aprofundamento das depressões existentes.

Em períodos mais recentes há a derradeira actividade vulcânica com formação por toda a ilha de numerosos cones adventícios de escórias e piroclastos.

Há formação de segmentos ligados aos movimentos eustáticos quaternários.

Actualmente, e a partir das zonas fracas (contactos laterais das escoadas com os materiais antigos) verifica-se a instalação rápida de linhas de água na periferia daqueles derrames, com aprofundamento acentuado dos leitos, deixando em pedestal as lavas mais resistentes.

Resumindo estes últimos períodos, tem-se:

- vi. Intensa actividade ígnea, subaérea e submarina. Há pausas relativamente longas durante a construção da maior parte do edifício vulcânico, traduzidas por discordâncias erosivas, e sedimentos de fáceis terrestre e marinha.

Miocénico superior.

- vii. Continuação da regressão marinha com pequenos períodos transgressivos.

- viii. Fase eruptiva fonolítica e traquítica.

Miocénico superior – Pliocénico inferior.

- ix. Recomeço das actividades lávicas basálticas em algumas partes da ilha, podendo a formação da Assomada, ser contemporânea dos últimos estádios do Complexo Eruptivo do Pico de Antónia .

Pliocénico.

- x. Fase eruptiva explosiva, da formação do Monte das Vacas. Esta fase prolonga-se por bastante tempo, até o Plistocénico.

- xi. Transgressão que eleva o nível do mar até, pelo menos 200 m de altitude.

Pliocénico Superior.

- xii. Regressão escalonada com formação de plataformas de abrasão e sedimentos fossilíferos

Plistocénico.

### **3.2. SEQUÊNCIA VULCANO – ESTRATIGRÁFICA**

Os trabalhos realizados por António Serralheiro, que conduziram à elaboração e publicação das Cartas Geológicas na escala 1:25.000 e a respectiva Notícia Explicativa (1976), permitiram estabelecer a Sequência Vulcano–Estratigráfica da ilha de Santiago, que tem servido de suporte básico aos trabalhos de Hidrogeologia e Recursos Hídricos.

Também se deverá salientar a contribuição dada pelo “Estudo geológico, petrológico e vulcanológico da ilha de Santiago (Cabo Verde)” da autoria de C. Matos Alves; J. R. Macedo; L. Celestino Silva; A. Serralheiro e A. F. Peixoto (1979),

no reforço dos conhecimentos da Sequência Vulcano–Estratigráfica da ilha de Santiago.

É neste contexto que passaremos a descrever a ocorrência dos acontecimentos geológicos, dos mais antigos para os mais recentes, (Fig.3.1.1).

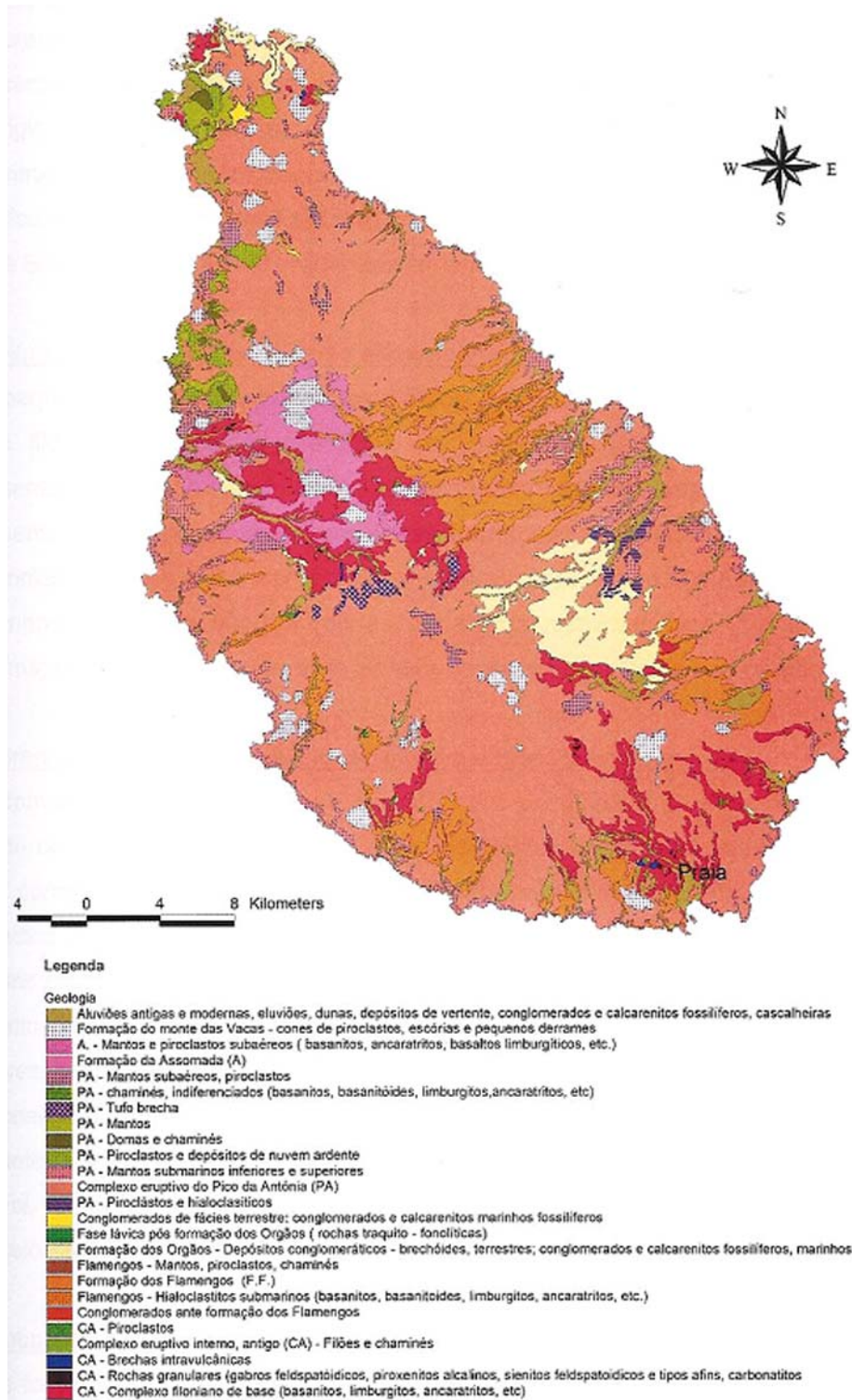


fig. 3.1.1. Carta geológica de Santiago à escala 1:100.000

- I. Complexo Eruptivo Interno Antigo (CA) .
  - a. Complexo filoniano de base de natureza essencialmente basáltica (CA);
  - b. Intrusões de rochas granulares silicatadas ( $\gamma$ );
  - c. Brechas intravulcânicas e filões brechóides (B);
  - d. Intrusões e extrusões fonolíticas e traquíticas ( $\varphi$ );
  - e. Carbonatitos (Cb).
- II. Conglomerados anteformação dos Flamengos.
- III. Formação dos Flamengos ( $\lambda\rho$ ).
- IV. Formação dos Órgãos (CB).
- V. Formação Lávica pós–Formação dos Órgãos.
- VI. Sedimentos posteriores à Formação dos Órgãos e anteriores às lavas submarinas inferiores (LRi) do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia.
- VII. Complexo Eruptivo do Pico da Antónia (PA).
- VIII. Formação da Assomada (A).
- IX. Formação do Monte das Vacas (MV).
- X. Formações Sedimentares Recentes de Idade Quaternária

Tomando como base a Geologia e Petrografia das várias formações, aspectos visíveis em afloramentos e, muito em particular, características com especial incidência hidrogeológica, passamos, de seguida, a uma descrição mais detalhada da unidade mais antiga para a mais recente.

## **I. Complexo Eruptivo Interno Antigo (CA)**

De acordo com C. Matos Alves et al., (1979), a designação “COMPLEXO ANTIGO” (CA) corresponde às formações mais antigas da parte emersa da ilha e diz respeito, fundamentalmente, a densíssima rede filoniana (Fig. 3.2.2.) que forma como que o esqueleto do vulcão no nível actual da erosão. Encontram-se afloramentos desta unidade geológica até altitudes de 650 m, demonstrando que o crescimento do aparelho eruptivo terá sido feito por actividade central e, depois, filoniana difusa, o que justifica a dispersão do Complexo Eruptivo Interno Antigo, por quase toda a superfície actual da ilha. Os filões, aquando da sua instalação, teriam destruído quase completamente as escoadas, hoje resumidas, aqui e acolá, a meros encraves ou formações de aparência brechóide.



fig. 3.2.2. Rede filoniana do CA – Ribeira de S. João Baptista

Fonte: A. Mota Gomes e A. F. Lobo de Pina, 2004.

No actual nível de erosão são fundamentalmente visíveis os filões básicos e fono-traquíticos e as intrusões de rochas granulares.

Relativamente à Hidrogeologia e Recursos Hídricos da ilha, tratando-se da unidade mais antiga e, conseqüentemente, com a maior percentagem de material argiloso, pode-se constatar que a produtividade é relativamente baixa. Todavia, deve-se frisar que as zonas basálticas são hidrogeologicamente mais favoráveis que as zonas de rochas granulares e fonolíticas, com especial relevância para os tufos, como são testemunhos os furos FT 83 – S. Domingos (7 m<sup>3</sup>/h), FBE 7 – S. Jorginho (7 m<sup>3</sup>/h), FT 137 – Ribeira dos Leitões (5 m<sup>3</sup>/h).

De acordo com as Cartas Geológicas (48 a 59), na escala 1:25.000, da ilha de Santiago, de A. Serralheiro, pode constatar-se que os afloramentos do Complexo Eruptivo Interno Antigo (CA) se localizam essencialmente em três zonas, Norte, Centro e Sul, mas com preponderância nas zonas Centro e Sul. Na zona Norte observam-se afloramentos na Baía do Tarrafal, Chão de Arruela e Baía de Angra; na zona Centro observam-se esses afloramentos, de um modo geral, na zona de Santa Catarina, designadamente nas zonas de Ribeira da Barca, Chã do Curral, Ribeira das Águas, Ribeira do Tabugal, Ribeira do Charco, Ribeira Sansão, Ribeirão Manuel, Ribeira dos Engenhos (Fig.3.2.3) e seus afluentes, Entre Picos, Lem Jorge, S. Salvador do Mundo, particularmente na vasta depressão ladeada pelas serras do Pico de Antónia, da Malagueta de Palha Carga e Monte Pedroso; na zona Sul nos vales das Ribeiras de S. Gonçalo, Ribeira de Santa Ana, Ribeira de S. Martinho Grande, Bairro Craveiro Lopes, Ribeira de Trindade, Laranjo, Veneza, Forno, Pensamento (Fig. 3.2.4.) Ventreiro, Água Funda, Ribeira de S. Tomé, Ribeira de S. Francisco, Ribeira do Lobo, Ribeira de S. Domingos, Milho Branco e Praia Formosa.





fig. 3.2.3. Ribeira dos Engenhos – Complexo Eruptivo Interno Antigo (CA/A).  
Fonte: A. Mota Gomes e A. F. Lobo de Pina, 2004.



fig. 3.2.4. Bairro do Pensamento – Complexo Eruptivo Interno Antigo (CA).  
Fonte: A. Mota Gomes e A. F. Lobo de Pina, 2004.

## II. Conglomerados anteformação dos Flamengos

Os afloramentos conglomeráticos observam-se em zonas pontuais, com particular incidência na parte Sul da ilha, com espessura insignificante. Por conseguinte, hidrogeologicamente não têm interesse.

## III. Formação dos Flamengos ( $\lambda\rho$ )

No trabalho anteriormente citado (C. Matos Alves et al., 1979), numa tentativa de se explicar a altitude a que se encontra a Formação dos Flamengos, afirma-se que “é necessário admitir, além dos movimentos eustáticos provocados pelo empolamento das cristas, em virtude do recrudescimento da actividade de expansão dos fundos oceânicos, a partir do Miocénico inferior (Rona, 1973), a subsidência do soco das ilhas devido às ondulações verificadas na placa africana, de acordo com as observações de Faure (1973”, in Serralheiro, 1976, p. 194).

Esta formação apresenta-se em mantos, brechas e piroclastos básicos, de grande uniformidade e extensão, de natureza submarina. Todavia, é de assinalar por vezes empilhamento de pillow-lavas, que poderá distinguir-se das lavas em rolos do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia (pela tonalidade da alteração).

Relativamente à Hidrogeologia e Recursos Hídricos da ilha, por se tratar de uma formação com uma certa espessura e representatividade, principalmente na região dos Flamengos do Concelho de S. Miguel, dá-se especial realce às áreas de empilhamento de pillow-lavas. De uma maneira geral a Formação dos Flamengos apresenta uma produtividade relativamente baixa, muito semelhante à do CA, como são testemunhos os furos FT 45 – Saltos (6m<sup>3</sup>/h), FT 47 – Saltos (10 m<sup>3</sup>/h). Os furos FT 153 – S. João Batista (15 m<sup>3</sup>/h), FT 65 – Santa Cruz (20 m<sup>3</sup>/h) e FT 81 – Telha (15 m<sup>3</sup>/h), parecem indicar zonas com predominância de pillow-lavas, daí a maior produtividade que apresentam.

A Formação dos Flamengos aflora nas regiões Oeste, Sul e Leste da ilha, particularmente nas áreas de Ribeira da Selada, Ribeira de Angra, Ribeira de Santa Clara, Apertado, S. João Batista, Ribeira do Caniço Grande, Ribeira do Caniço, S. Martinho Grande, Ribeira de Palmarejo Grande, Tira Chapéu, S. Martinho Grande, Ribeira de Gem-Gé (Fig. 3.2.6.) Covão Veiga, Cibe, Glazote, Praia Formosa, Mato Limão, Mato Forte, Mato Madeira, Ilhéu, Ribeira Boa Ventura, Ribeira de Salto, Ribeira dos Flamengos (Fig. 3.2.5.) e Ribeira de S. Miguel.

As Fig. 3.2.7, 3.2.8, 3.2.9 e 3.2.10 têm por finalidade dar a conhecer a Geologia e o comportamento Hidrogeológico da Unidade Geológica mais antiga, o Complexo Eruptivo Interno Antigo.





fig. 3.2.5. Ribeira dos Flamengos – Formação dos Flamengos ( $\lambda\rho/PA$ ).  
 Fonte: A. Mota Gomes e A. F. Lobo de Pina, 2004.

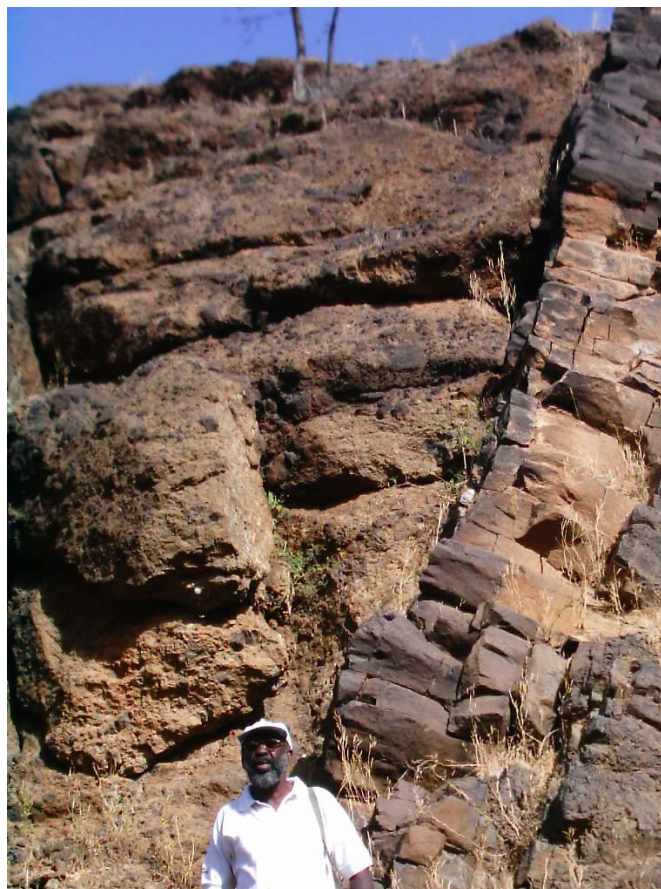


fig. 3.2.6. Ribeira de Gem-Gé – Formação dos Flamengos ( $\lambda\rho$ ).  
 Fonte: A. Mota Gomes e A. F. Lobo de Pina, 2004.

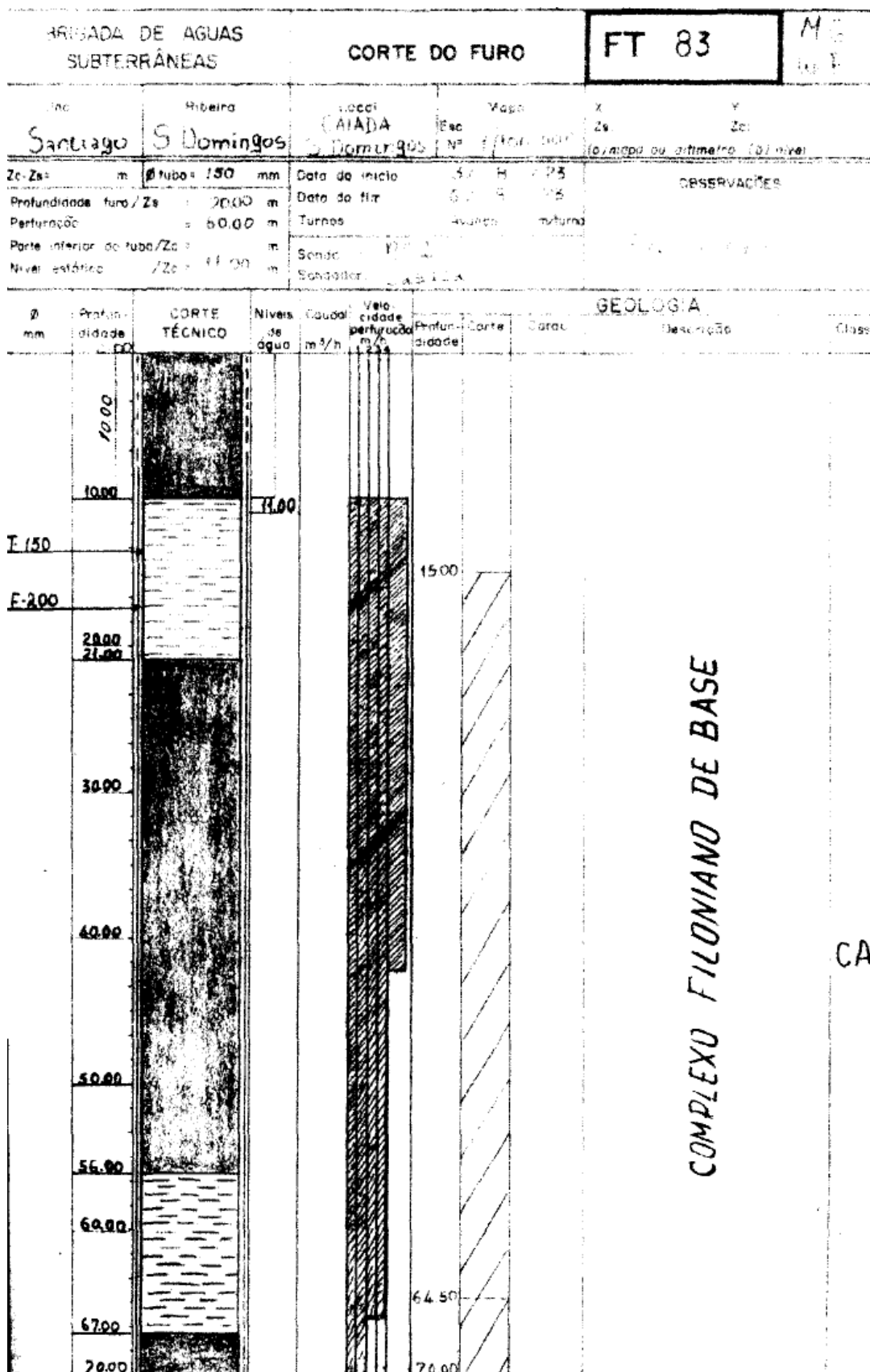
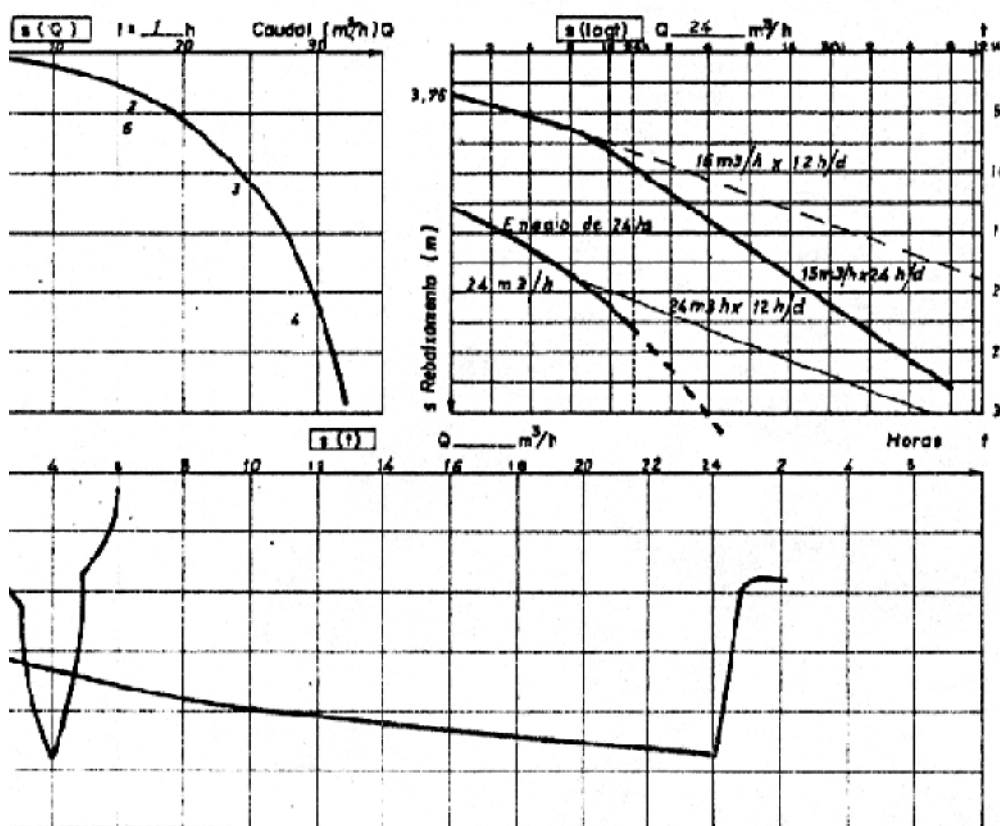


fig. 3.2.7. Corte do Furo FT - 83, São Domingos.

Fonte: A Hidrogeologia de Santiago, Alberto da Mota Gomes, Praia - 1980.

S.	EXPLORAÇÃO DO FURO	FT 83	M.G.
<b>DADOS DOS ENSAIOS</b> lco (1) 10,65 m v/ IP 3,8 m <sup>3</sup> /h/m lala 24h 24 m <sup>3</sup> /h T 1,65 10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> /s nico(24h) 25,11 m S tes do ensaio das características de 24 horas X <sub>0</sub> bomba 15 m <sup>3</sup> /h x 12 la 180 m <sup>3</sup> /l nico (1) 30-32 m aspiração (1) 5,2 m bomba 40 m		<b>IMPLANTAÇÃO</b> Carta SANTIAGO Escala 1/100 000 Zona P <sub>3</sub>	
cabeça do furo		<b>S. DOMINGOS</b> (CAZADA)	



Nível (l)	Ensaio			Análises			Observações
	Causa $Km^3/h$	Rebaixamento (2 horas)	C. Específico $m^3/h/m$	Cl $mg/l$	TH $^{\circ}$	P. Q. cm	
0.65	24	14.7	1.6				

fig. 3.2.8. Exploração do Furo FT - 83, São Domingos.

Fonte: A Hidrogeologia de Santiago, Alberto da Mota Gomes Praia - 1980.

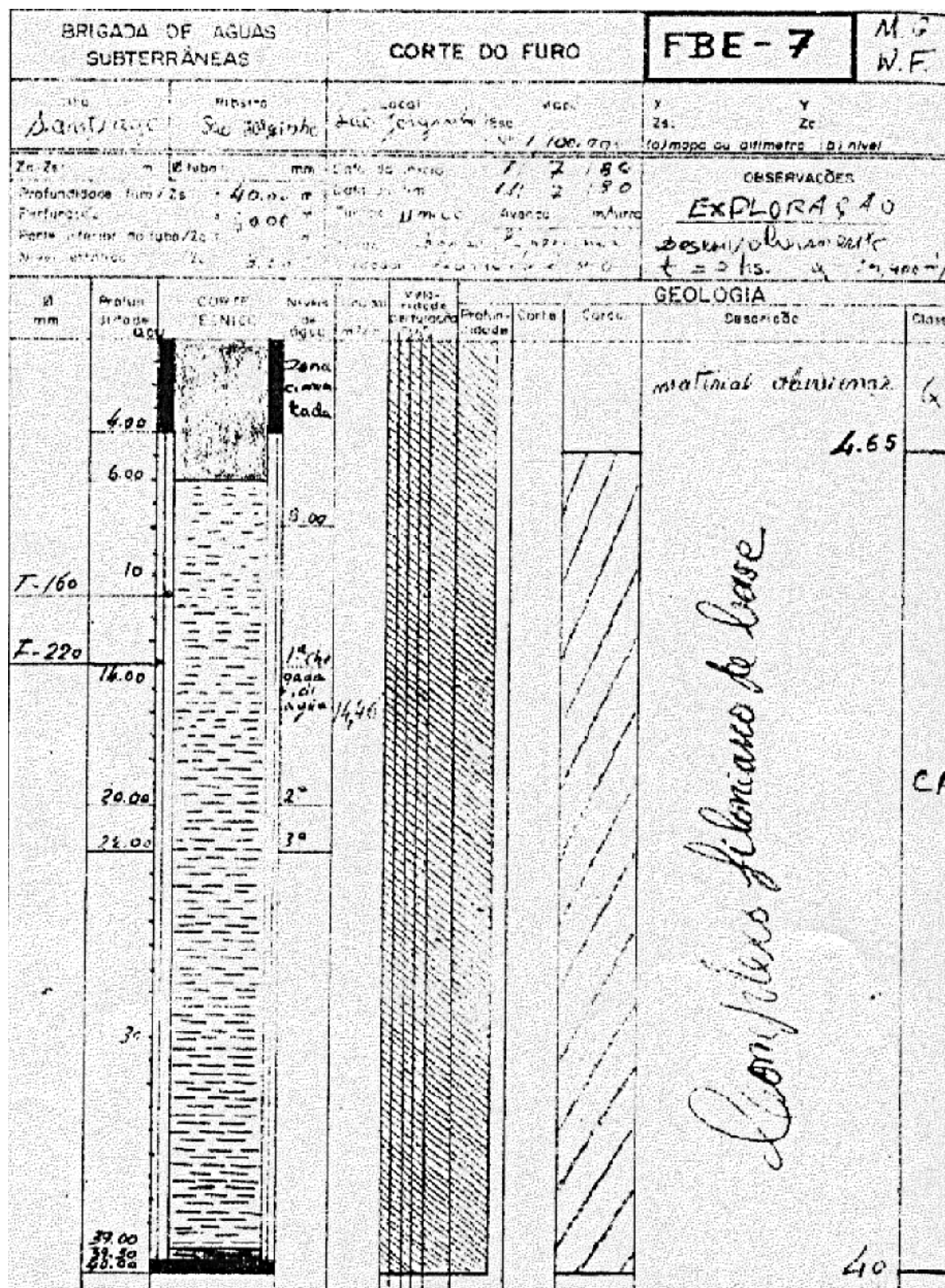


fig. 3.2.9. Corte do Furo FBE - 7, São Jorgeinho.

Fonte: A Hidrogeologia de Santiago, Alberto da Mota Gomes, Praia - 1980.



FBE 7 MG

#### IV. Formação dos Órgãos (CB)

Trata-se de uma formação que se pode observar na região de S. Lourenço dos Órgãos (Fig. 3.2.11, Fig. 3.2.12, Fig. 3.2.13), portanto, de localização bem definida, isto é, pouco extensa e com um certo grau de compacidade e pequena espessura. Não obstante, podem-se observar afloramentos da formação dos Órgãos em outras zonas pontuais.

Na sequência das características dessa unidade geológica, as possibilidades de produção de água são relativamente baixas, como são testemunhos os furos FT 15 – Serrado (4 m<sup>3</sup>/h), FT 19 – S. Jorge dos Órgãos (5 m<sup>3</sup>/h), FT 73 – Sibe Novo (7 m<sup>3</sup>/h), FT 69 – Caiumbra (4 m<sup>3</sup>/h).



fig. 3.2.11. Futura Barragem do Poilão – Formação dos Órgãos (CB).

Fonte: A. Mota Gomes e A. F. Lobo de Pina, 2004.



fig. 3.2.12. Jorge dos Órgãos – Formação dos Órgãos (CB).  
Fonte: A. Mota Gomes e A. F. Lobo de Pina, 2004.



fig. 3.2.13. Serrado – Formação dos Órgãos (CB).  
Fonte – A. Mota Gomes e A. F. Lobo de Pina, 2004.

## **V. Formação Lávica pós-CB e ante-PA**

O doma endógeno (Monte Branco) de natureza traquítica situado nas proximidades de Belém (Fig. 3.2.14.), no pequeno prolongamento para Sul, é um testemunho desta unidade geológica. Trata-se de uma formação de carácter local, de reduzidas dimensões, pelo que hidrogeologicamente não tem qualquer interesse.

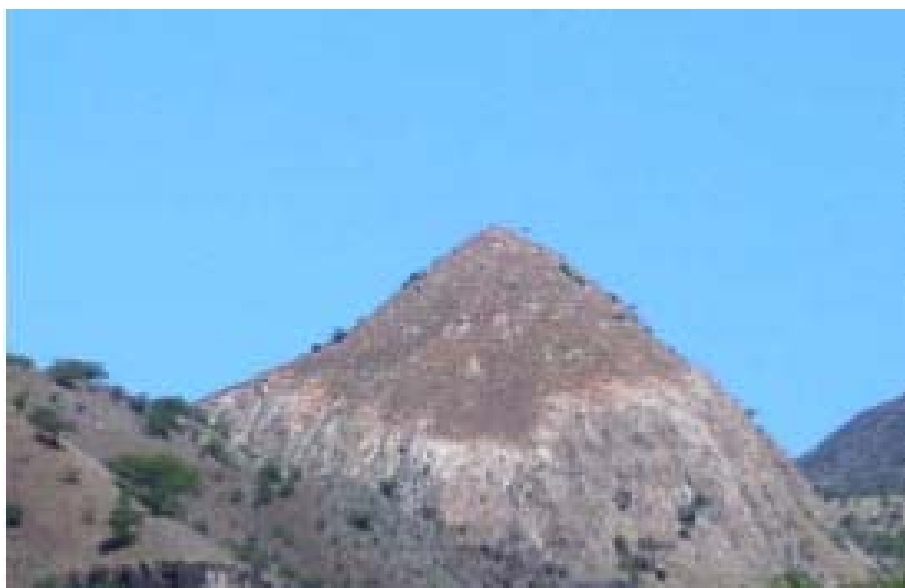


fig. 3.2.14 Monte Branco – arredores de Belém

## **VI. Sedimentos posteriores à Formação dos Órgãos(CB) e anteriores às lavas submarinas inferiores (LRI) do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia**

Estes pequenos e inexpressivos afloramentos, de rochas sedimentares (conglomerados e calcarenitos fossilíferos), localizam-se pontualmente, em regiões bem identificadas e, por conseguinte, também não têm significado hidrogeológico que merece consideração.



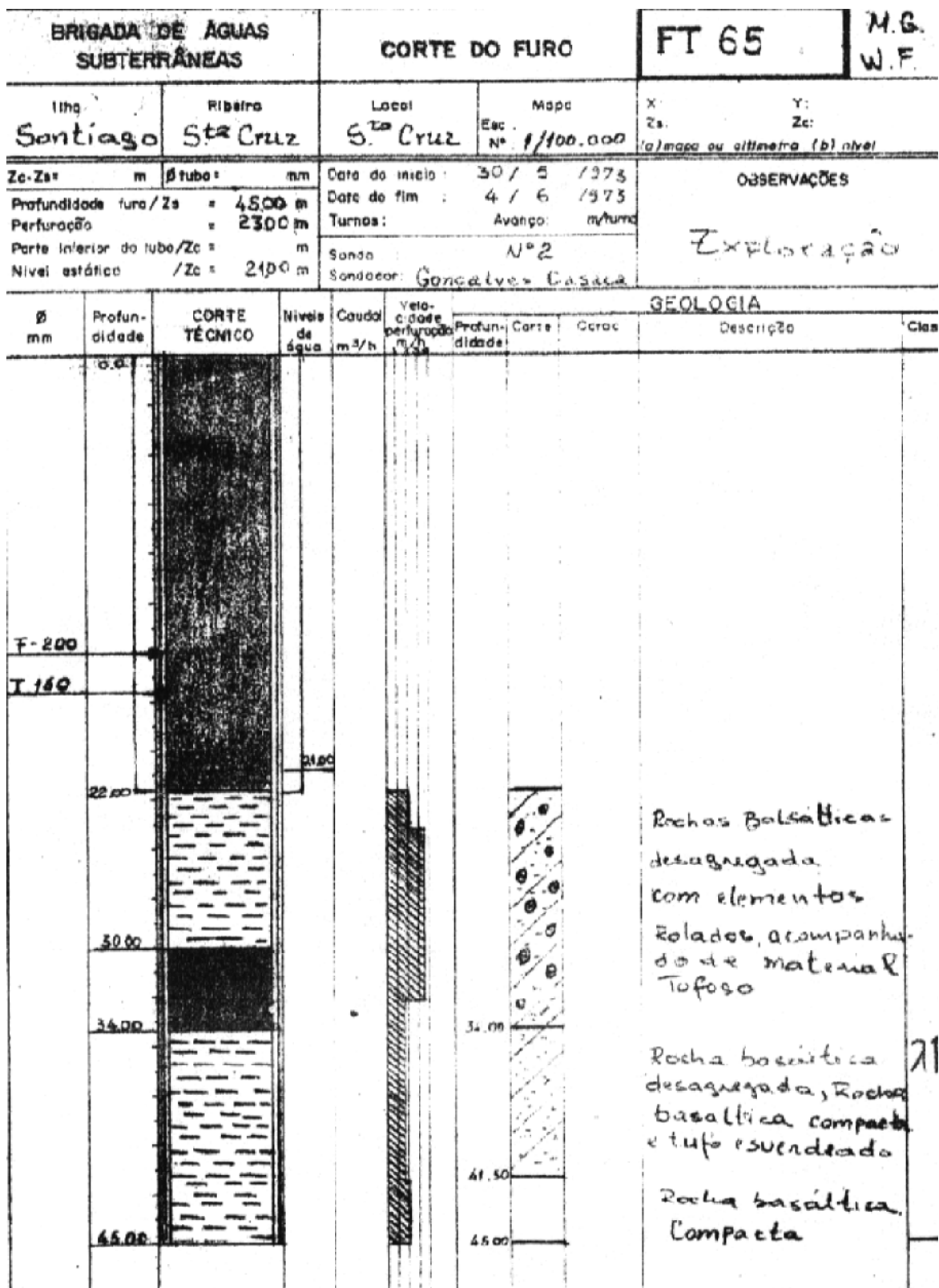


fig. 3.2.15. Corte do Furo FT - 65, Santa Cruz.

Fonte: A Hidrogeologia de Santiago, Alberto da Mota Gomes, Praia - 1980.

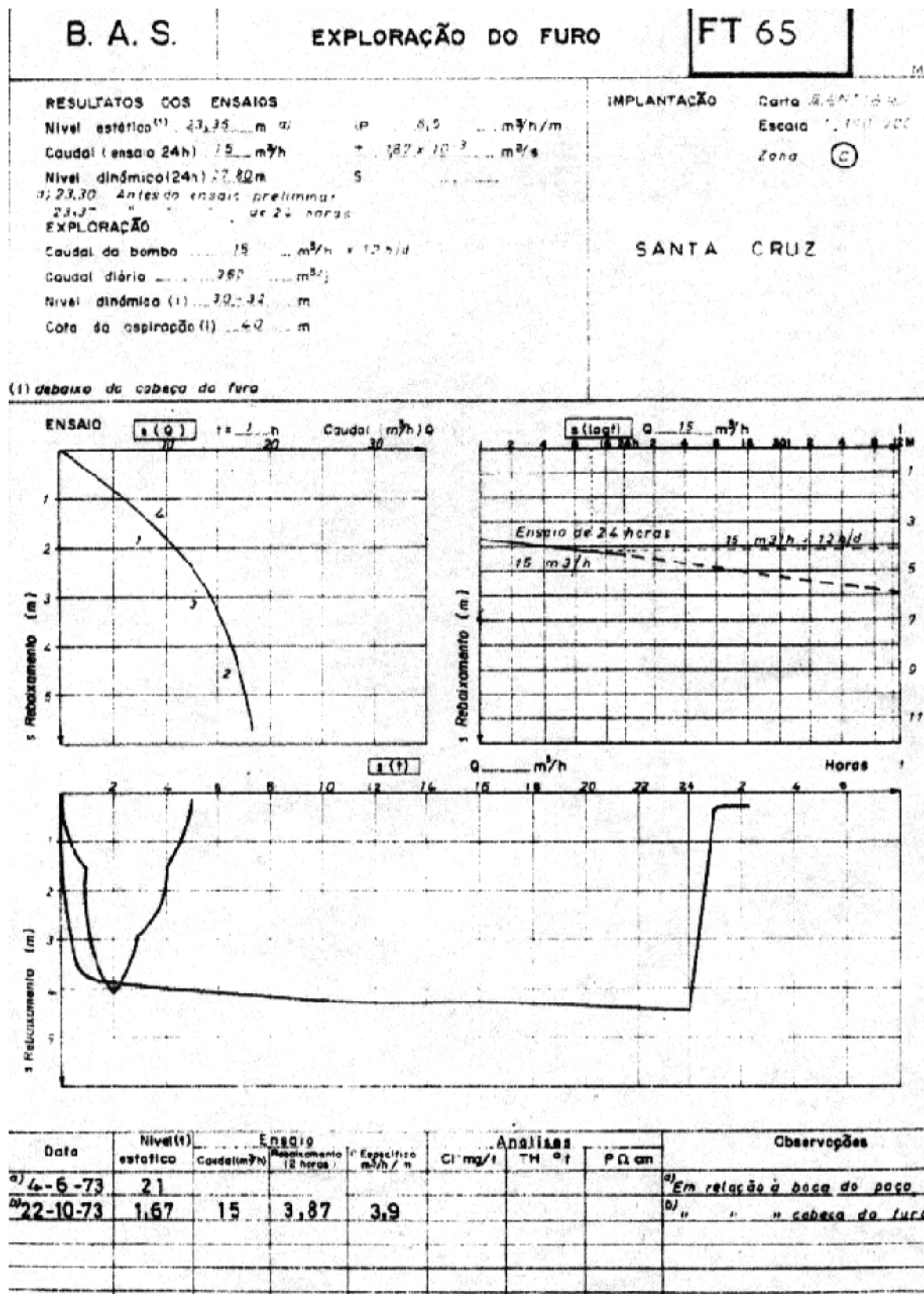


fig. 3.2.16. Exploração do Furo FT - 65, Santa Cruz.

Fonte: A Hidrogeologia de Santiago, Alberto da Mota Gomes, Praia - 1980.

As Fig. 3.2.15 e 3.2.16 têm por finalidade dar a conhecer a Geologia e o comportamento Hidrogeológico de uma das Unidades Geológicas mais antiga, a designada Formação dos Flamengos.

## VII. Complexo Eruptivo do Pico da Antónia (PA)

Não há dúvida que se trata da unidade geológica com maior representação na ilha, apresentando-se sob a forma de enorme empilhamento de escoadas lávicas com intercalação de material piroclástico, atingindo espessura considerável como são testemunhos eloquentes os maciços do Pico da Antónia e da Malagueta.

É de assinalar que no decorrer dos períodos vulcânicos correspondentes à formação das séries deste complexo, verificaram-se acontecimentos sedimentares que ficaram intercalados nos episódios magmáticos, como se pode observar na Tabela 3.2.1 que se segue:

tab. 3.2.1. Estratigrafia do Pico da Antónia

Episódios magmáticos subaéreos e sedimentos terrestres	Episódios magmáticos submarinos e sedimentos marinhos
a. Mantos subaéreos e alguns níveis de piroclastos intercalados	> Lavas submarinas em almofadas (inferiores, L <sub>Ri</sub> ) > Conglomerados e calcarenitos fossilíferos > Lavas submarinas em almofadas (superiores, L <sub>Rs</sub> ) > Conglomerados e calcarenitos fossilíferos
b. Fonólitos, traquitos e rochas afins (φ)	
c. Tufo- brecha (TB)	
d. Mantos subaéreos e alguns níveis de piroclastos intercalados	

Segundo Serralheiro (1976, pgs. 76 e 77), dentro do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia incluem-se os produtos das actividades explosivas e efusivas, quer subaéreas, quer submarinas, que tiveram lugar em épocas diferentes. Distribuem-se por fases distintas, cujas manifestações ocupam a maior parte da ilha desde a costa Sul até ao extremo Norte.



fig. 3.2.17 A Monte Chaminé



fig. 3.2.17 B Achada Balacusta

As rochas deste complexo eruptivo são as responsáveis pelas maiores altitudes e, também, pelas plataformas estruturais que ainda se observam na ilha (Fig. 3.2.17 A e Fig. 3.2.17 B).

O edifício principal da ilha não se formou de uma só vez, tendo levado bastante tempo a atingir a sua maior altura. Verifica-se que muitos dos derrames correram em vales escavados nos mantos das séries inferiores. Houve, portanto, longas pausas na actividade vulcânica, à escala da ilha. É de crer que enquanto as erupções continuavam em um ou outro lado, a erosão aprofundava os vales, mais tarde preenchidos pelos derrames provenientes da reactivação do vulcanismo, que até então estivera em repouso.

A própria forma da ilha, bastante assimétrica, sugere migração da actividade.

Esta esteve dispersa pela ilha, quer através de chaminés quer e, sobretudo, de fracturas. As diferentes fases eruptivas, consoante a duração que tiveram, originaram, principalmente no interior da ilha, em relação com os focos emissivos mais importantes, grandes acumulações de mantos, dispostos regularmente e, nalguns casos, em grandes extensões, constituindo enormes empilhamentos.

São exemplos eloquentes destas séries muito espessas, quase todas as escarpas inacessíveis que ladeiam as serras do Pico da Antónia e da Malagueta (Figs. 3.2.18 a 3.2.22). Nestas zonas, as discordâncias são marcadas ou por depósitos de ribeira, ou por produtos da actividade explosiva intercalados entre as séries de mantos. Para o litoral os produtos explosivos são pouco frequentes ou desaparecem e as discordâncias são quase sempre evidenciadas por aluviões com calhaus bem calibrados e por superfícies de erosão. É frequente encontrar-se os antigos vales totalmente preenchidos por novos derrames.

Serralheiro (1976) propõe uma subdivisão do PA, da forma que se segue, estabelecendo assim, a estratigrafia desta unidade estratigráfica.

#### **a. Séries espessas, essencialmente de mantos subaéreos e alguns níveis de piroclastos associados**

Segundo Serralheiro (1976), dentro da subunidade mais antiga conhecem-se não só depósitos sedimentares, sobretudo aluviões, intercalados nos mantos subaéreos, mas também superfícies de erosão a marcar longas pausas na actividade vulcânica, pelo menos nessas zonas. De igual modo, existem quase sempre sedimentos marinhos fossilíferos (conglomerados, calcários e calcarenitos) intercalados, fazendo a separação das lavas submarinas inferiores das superiores. A separação destas duas séries, nalguns casos, aliás poucos, faz-se por um ou mais mantos subaéreos intercalados como sucede, por exemplo, na Ponta Prinda e na Achada Leite.

Continuando a citar Serralheiro, talvez se trate, no conjunto do Pico da Antónia, das actividades que maior desenvolvimento tiveram no espaço e no tempo. Os materiais que lhes correspondem ocupam, sem dúvida, a maior área da ilha, pois que as fases submarinas não são mais do que manifestações periféricas daquelas manifestações terrestres. Estamos também convencidos que os maiores empilhamentos e extensões de derrames pertencem a estas séries.

As lavas submarinas encontram-se em todo o litoral formando um anel praticamente contínuo, mas só são visíveis onde a erosão desmantelou as formações que a recobrem, como é o caso particular da costa Leste. Nesta zona, nos vales das ribeiras Seca e dos Picos, afloram estas pillow-lavas em locais onde foram executados furos de boa produtividade.

As séries submarinas inferiores ocupam maior área e encontram-se a maior altitude do que as superiores. Na costa Leste de Santiago, os afloramentos a maior altitude encontram-se nos vales da Ribeira de Caiumbra, a 300 m, e do Ribeirão Seco, a 280m.

As lavas submarinas superiores cobrem pequenas áreas e só se encontram em pequenas faixas.

Devemos ter presente que Emílio Custódio, no seu trabalho "Hidrogeologia de las Rocas Vulcânicas", de 1976, pg. 35 afirma que "as formações vulcânicas que têm maior interesse, sob o ponto de vista de água subterrânea, são as extensas e/ou espessas e as que podem ter influência no movimento das águas, como por exemplo os diques".

Y. Vailleux et. L. Bourguet (relatório BURGEAP, 1974) propõem que certos afloramentos, cartografados como sendo da Formação dos Flamengos, na zona nordeste da ilha (Ribeira dos Picos e Ribeira e de S. Miguel) deveriam ser incluídos na sub-unidade Lri, do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia, devido ao seu estado de conservação, seu aspecto, no geral bastante vacuolar e suas cores. Os bons caudais obtidos nos furos FT-33 e FT- 35 parecem confirmar o que se acabou de citar.

O seguimento da exploração dos furos referidos pela BURGEAP e outros em circunstâncias idênticas, como é o caso do furo FT – 65, em Santa Cruz, aconselha uma pesquisa mais detalhada relativamente à questão levantada pela BURGEAP, até pela capacidade hidrogeológica dessa subunidade mais antiga do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia (LRi)(Tabela 3.2.2).



fig. 3.2.18. Pico da Antónia – Formação do Pico da Antónia –PA (subaéreo).

Fonte: A. Mota Gomes e A. F. Lobo de Pina, 2004.



fig. 3.2.19. Serra da Malagueta – Formação do Pico da Antónia – PA (subaéreo).

Fonte: A. Mota Gomes e A. F. Lobo de Pina, 2004.





fig. 3.2.20. Ribeira de Santa Clara – Formação do Pico da Antónia – PA. (submarino/ subaéreo)  
 Fonte: A. Mota Gomes e A. F. Lobo de Pina, 2004.



fig. 3.2.21. Ribeira Seca – Formação do Pico da Antónia – PA (submarino/subaéreo)  
 Fonte: A. Mota Gomes e A. F. Lobo de Pina (2004)





fig. 3.2.22. Ribeira Grande do Tarrafal – Formação do Pico da Antónia – PA (submarino/subaéreo)  
Fonte: A. Mota Gomes e A. F. Lobo de Pina (2004)

tab. 3.2.2. Identificação de alguns furos e seus caudais de exploração todos do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia

Identificação do Furo	Localização	Concelho	Concelho	Aquífero	Caudal de Exploração Aconselhado [m3/h]	Caudal de Exploração Aconselhado [m3/d]	Seguimento Exploração
FT-29	Tarrafal	Tarrafal	36	PA(LRI)	35	420	Trimensal
FT-26	Achada Baleia	S. Domingos	49	PA (subaéreo)	25	250	
FT-12	Jaracunda	St.™ Cruz	50	PA (LRI)	30	360	
FT-202	João Varela	Praia	97	PA (subaéreo)	25	300	
FT-35	S. Miguel	S. Miguel	51	(λρ)	15	120	
FBE-1	Lapa Cachorro	Praia	151	PA (subaéreo)	25	300	

Fonte: A. Mota Gomes e A. F. Lobo de Pina (2004)

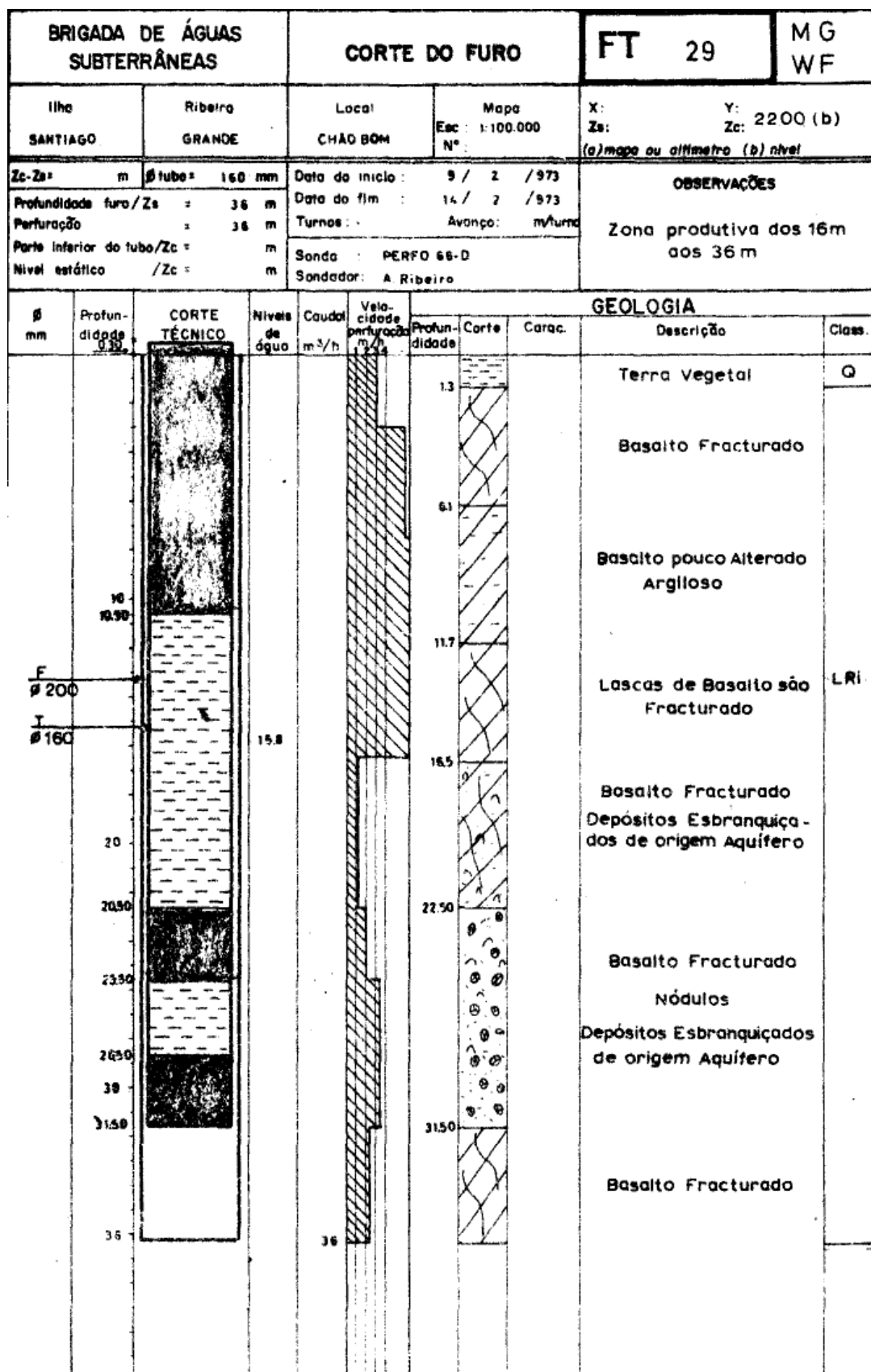


fig. 3.2.23. Corte do Furo FT - 29, Chão Bom.

Fonte: A Hidrogeologia de Santiago, Alberto da Mota Gomes, Praia - 1980.

DEGAS

INSTALAÇÃO DA BOMBA

FT 29

Local Chão Bom - TERRAFAL

BOMBA

Tipo : BP-135-6

N.º de ordem: G-23

N.º de fabricação : da cabeça

782457

do corpo da bomba

Colunas : 15 x 1.80 m = 27.00 m

1 x 1.70 m = 1.70 m

Profundidade da bomba : 28.70 m

Profundidade do furo : 34.20 m

Cota plataforma / cabeça do furo : - m

Cota tube manométrica / corpo da bomba : 0.20 m

Comprimento da correia : 5.60 m

MOTOR

Tipo : LISTER

N.º de ordem: L-15

N.º de fabricação :

O encarregado do serviço: Gil Maria Ferreira Querido

data 2 / 8 / 1974

ROTAÇÃO

ENSAIOS

Afinação

Data equipamento

2 / 8 / 1974

/ / 19

/ / 19

/ / 19

Motor : rpm

2.020

Bomba : rpm

2.900

Caudal

l/s

/

/

/

/

m³/h

36

Observações

Observações N.E. = 14.88 m

Início de exploração.....16/7/974.

O encarregado do serviço: Gil Maria Ferreira Querido

data 2 / 8 / 1974

**fig. 3.2.24. Instalação da Bomba no Furo FT – 29, Chão Bom.**

Fonte: A Hidrogeologia de Santiago, Alberto da Mota Gomes, Praia – 1980.

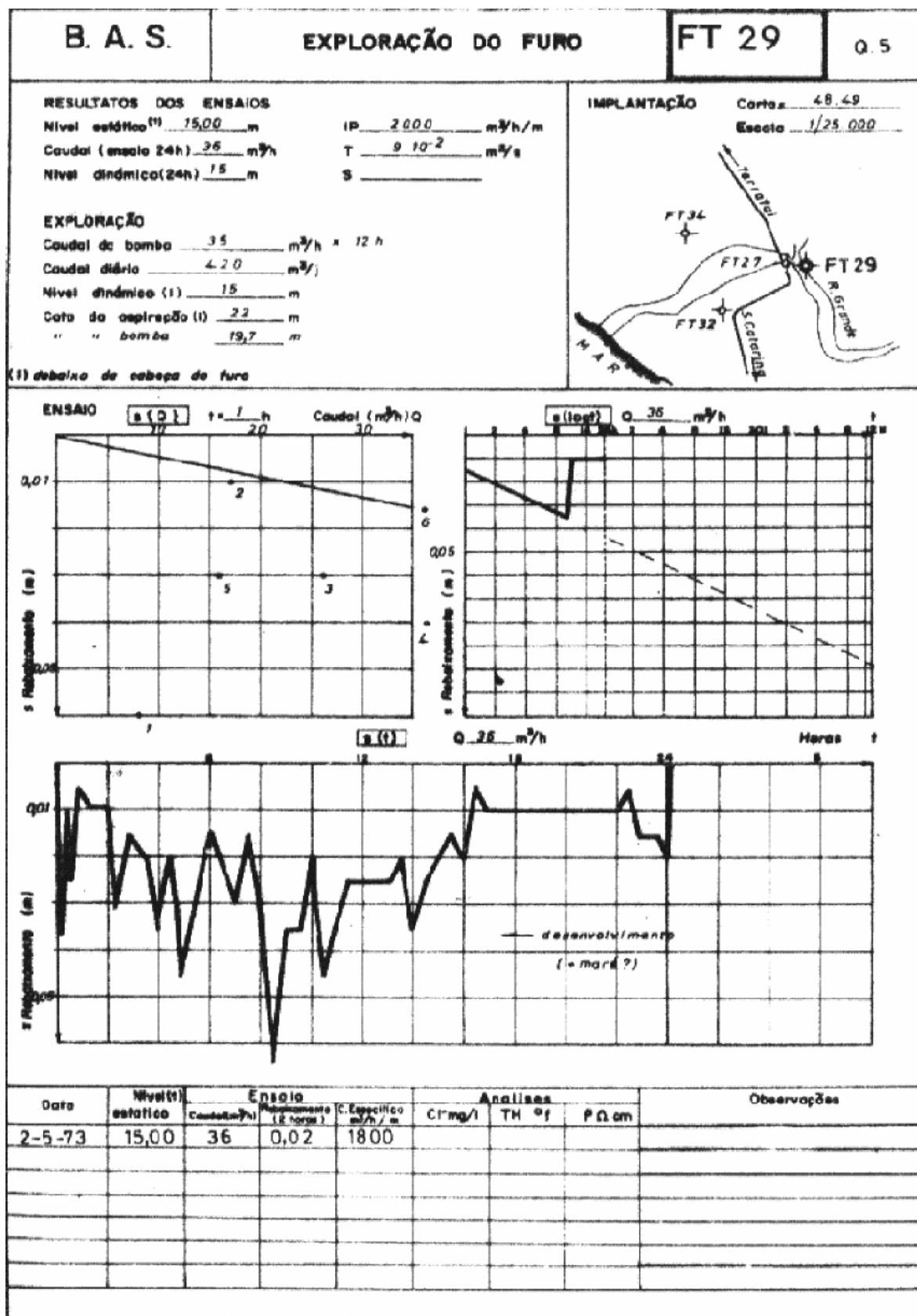


fig. 3.2.25. Exploração do Furo FT – 29, Chão Bom.

Fonte: A Hidrogeologia de Santiago, Alberto da Mota Gomes, Praia – 1980.

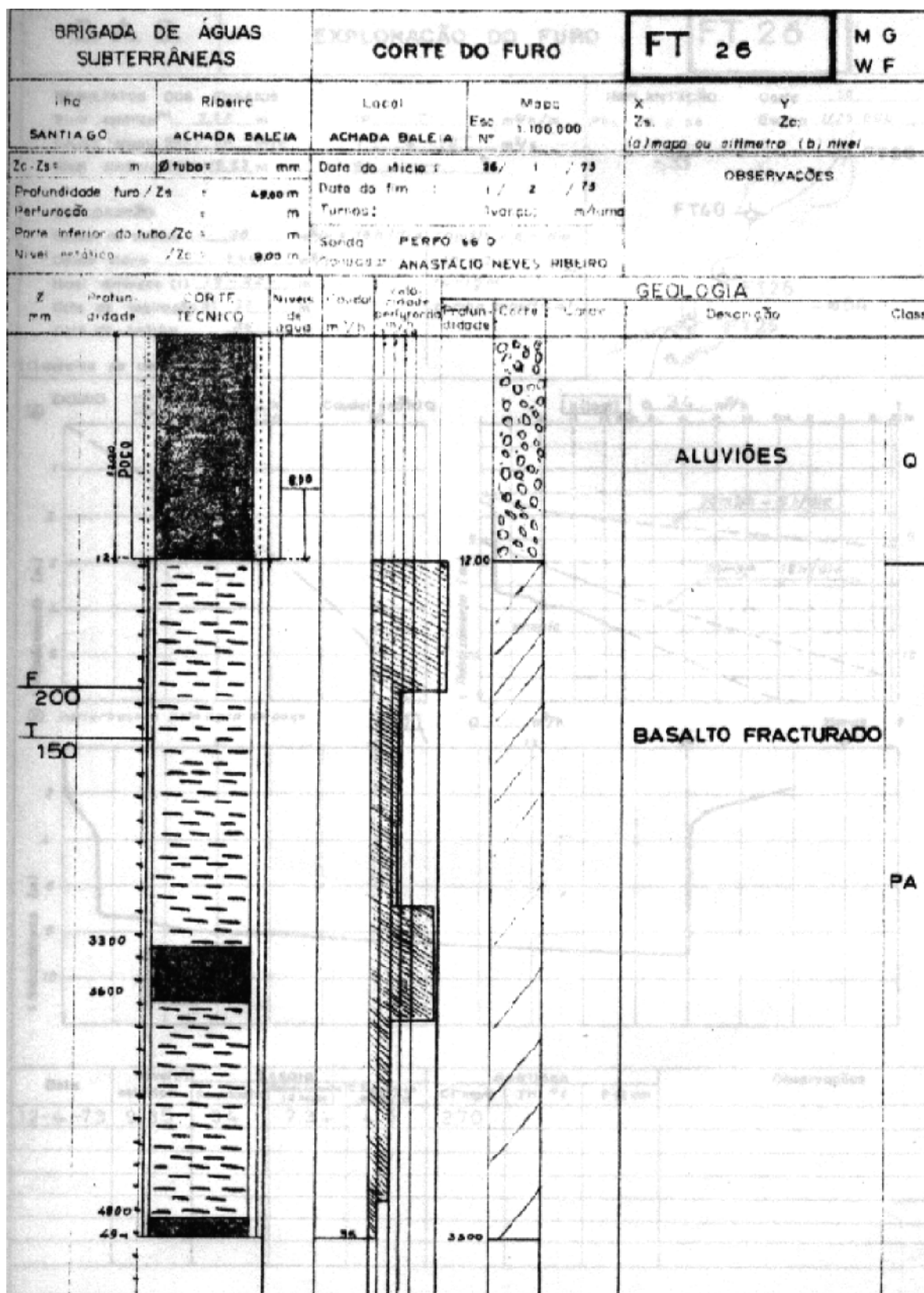


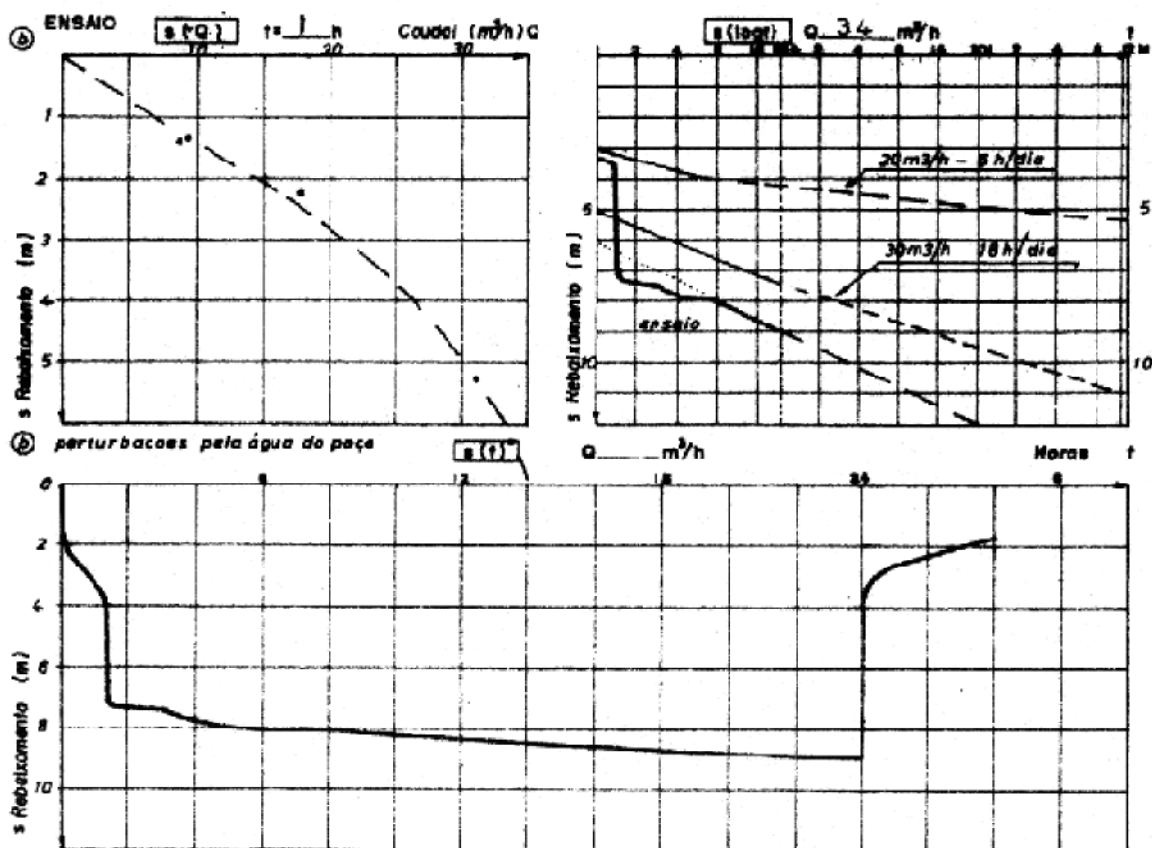
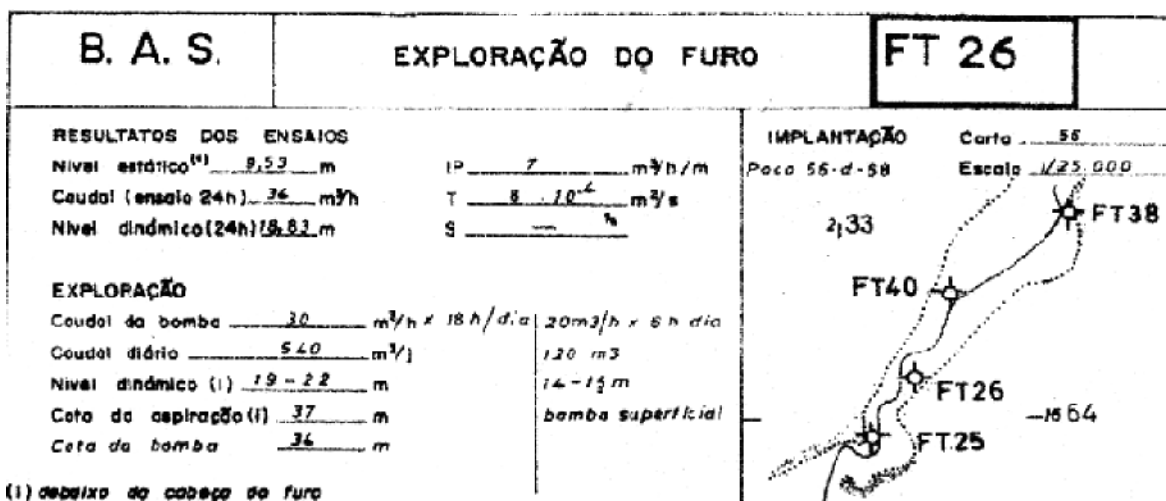
fig. 3.2.26. Corte do Furo FT - 26, Achada Baleia.

Fonte: A Hidrogeologia de Santiago, Alberto da Mota Gomes, Praia - 1980.

<h1>DEGAS</h1>	INSTALAÇÃO DA BOMBA	<div style="border: 2px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">FT 25</div>																																										
Local Achada Baleia																																												
<b>BOMBA</b>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p><b>Tipo :</b> BP-135-6</p> <p><b>N.º de fabricação :</b> -- da cabeça <span style="float: right;">781558</span></p> <p style="margin-left: 150px;">do corpo da bomba</p> <p><b>Colunas :</b> 17 x 1.80 m = 30.60 m</p> <p style="margin-left: 150px;">1 x 1.70 m = 1.70 m</p> <p><b>Profundidade da bomba :</b> 32.30 m</p> <p><b>Profundidade do furo :</b> 49.20 m</p> <p><b>Cota plataforma / cabeça do furo :</b> -- m</p> <p><b>Cota tubo manométrico / corpo da bomba :</b> 0.20 m</p> <p><b>Comprimento da correia :</b> 4.00 m</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">N.º de ordem: G-4</div> </div>																																											
<b>MOTOR</b>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p><b>Tipo :</b> LISTER-ST1/HP-10</p> <p><b>N.º de fabricação :</b></p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">N.º de ordem:</div> </div>																																											
O encarregado do serviço: Emanuel Higino Borges Tavares data 11 / 1 / 1974																																												
<b>ROTAÇÃO</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="3" style="text-align: center;">E N S A I O S</th> <th style="text-align: center;">A f i n a ç ã o</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Data equipamento</td> <td style="text-align: center;">11 / 1 / 1974</td> <td style="text-align: center;">/ / 19</td> <td style="text-align: center;">/ / 19</td> <td style="text-align: center;">/ / 19</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Motor : rpm</td> <td style="text-align: center;">3.000</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Bomba : rpm</td> <td style="text-align: center;">2.900</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">Caudal</td> <td style="text-align: center;">l/s</td> <td style="text-align: center;">/</td> <td style="text-align: center;">/</td> <td style="text-align: center;">/</td> <td style="text-align: center;">/</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">m³/h</td> <td style="text-align: center;">30</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center; height: 40px;">Observações</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					E N S A I O S			A f i n a ç ã o	Data equipamento		11 / 1 / 1974	/ / 19	/ / 19	/ / 19	Motor : rpm		3.000				Bomba : rpm		2.900				Caudal	l/s	/	/	/	/	m³/h	30				Observações					
		E N S A I O S			A f i n a ç ã o																																							
Data equipamento		11 / 1 / 1974	/ / 19	/ / 19	/ / 19																																							
Motor : rpm		3.000																																										
Bomba : rpm		2.900																																										
Caudal	l/s	/	/	/	/																																							
	m³/h	30																																										
Observações																																												
Observações N.E. = 10.265 m Início de exploração.....04/6/974.																																												
O encarregado do serviço: Emanuel Higino Borges Tavares data 11 / 1 / 1974																																												

fig. 3.2.27 Instalação da Bomba no Furo FT – 26, Achada Baleia.

Fonte: A Hidrogeologia de Santiago, Alberto da Mota Gomes, Praia – 1980.



Data	Nível (1) estático	Ensaio			Análises			Observações
		Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Rebaixamento (2 m <sup>3</sup> )	C. Específico m <sup>3</sup> /h/m	Cl <sup>-</sup> mg/l	TH °f	P. Q. em	
12-4-73	9,35	34	7,34	4,6	270			

fig. 3.2.28 Exploração do Furo FT - 26, Achada Baleia.

Fonte: A Hidrogeologia de Santiago, Alberto da Mota Gomes, Praia - 1980.



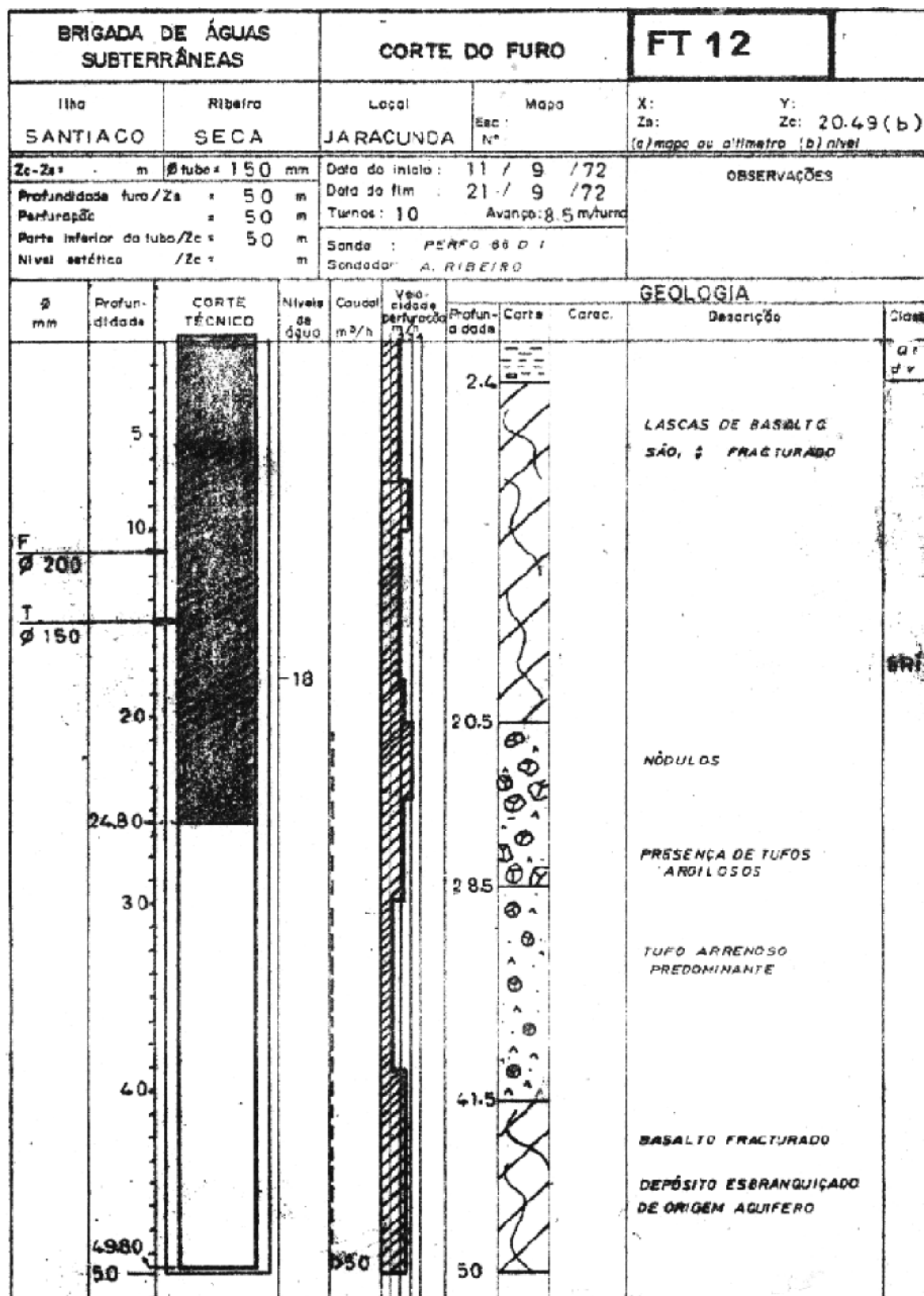


fig. 3.2.29 Corte do Furo FT - 12, Jaracumda.

Fonte: A Hidrogeologia de Santiago, Alberto da Mota Gomes, Praia - 1980.



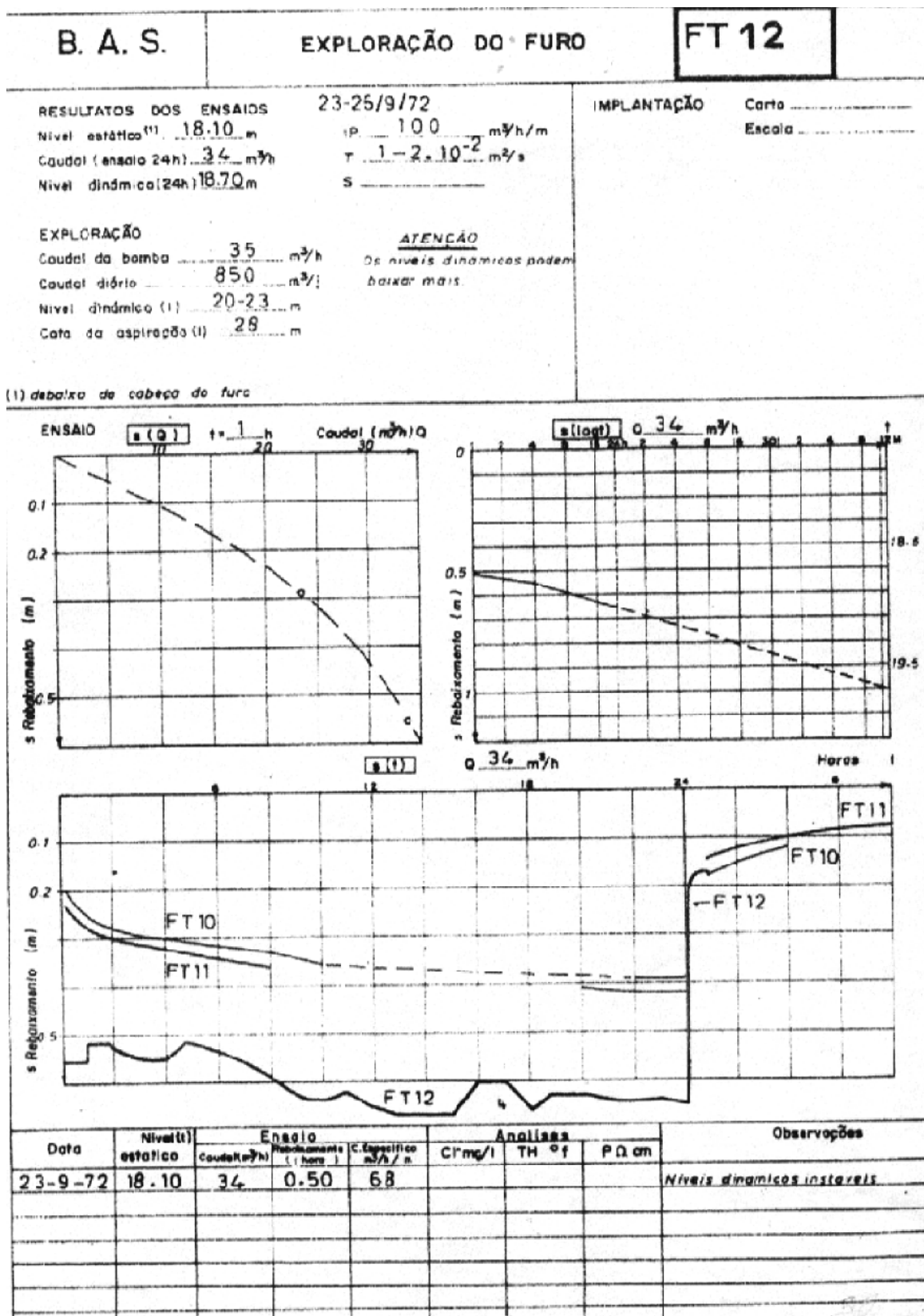


fig. 3.2.30. Exploração do Furo FT - 12, Jaracumda.

Fonte: A Hidrogeologia de Santiago, Alberto da Mota Gomes, Praia - 1980.

As Figs. 3.2.23, 3.2.24, 3.2.25, 3.2.26, 3.2.27, 3.2.28, 3.2.29, e 3.2.30 têm por finalidade dar a conhecer a Geologia e o comportamento Hidrogeológico da Unidade Geológica mais espessa, mais extensa e que facilita a circulação da água no seu seio, Complexo Eruptivo Principal, também conhecida pelo Complexo Eruptivo do Pico de Antónia.

#### **b. Fonólitos, traquitos e rochas afins**

Segundo Matos Alves et al., (1979), estas formações constituem filões, chaminés, mantos e domas endógenos, que se podem encontrar em vários locais da ilha sendo, no entanto, na faixa Oeste para Norte da Ribeira da Barca, que se situam os principais afloramentos: zona de Pedroso – Figueira das Naus e Monte Graciosa, estando as jazidas muito bem conservadas. Nestes últimos locais existem domas endógenos associados a mantos extensos e espessos, e também a formações brechóidico-piroclásticas. O Monte Graciosa, sobretudo, tem dimensões impressionantes (Serralheiro, 1976, pg. 122 fot.32).

Segundo Serralheiro (1976), é na faixa Oeste, a Norte da Ribeira da Barca, que se situam os dois grandes campos eruptivos destas rochas. O primeiro é o de Pedroso – Figueira das Naus e, o segundo, da Graciosa, as suas jazidas estão muito bem conservadas.

Na parte Central e Sul da ilha observam-se alguns afloramentos dispersos e sempre de pequenas dimensões.

Estes afloramentos apresentam-se localmente em regiões restritas e, por conseguinte, não têm grande significado hidrogeológico.

#### **c. Tufo-brecha (TB)**

Trata-se de formações muito localizadas, ocorrendo na parte central da ilha nas vertentes noroeste e nordeste da serra do Pico da Antónia, resultantes da intensa actividade explosiva, provavelmente episódica, mas repetida como sucede, por exemplo, no Cutelo Ouri. A formação é caótica, essencialmente brechóide, mas tendo intercalados episódios de tufos de cor amarelada e avermelhada.

Mais concretamente esses afloramentos podem-se observar nas zonas de S. Salvador do Mundo (Picos), Mato Gégé e Entre Picos de Rede.

Também por serem de reduzida dimensão, não têm qualquer importância hidrogeológica.

#### **d. Mantos subaéreos e alguns níveis de piroclastos intercalados**

De acordo com Matos Alves et al., (op, citada) embora seja uma séria distinta no seio do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia, corresponde-lhe uma área que não foi possível determinar correctamente, tanto mais que os derrames não se distinguem minimamente dos que lhes são subjacentes, sendo unicamente possível a sua delimitação onde existem discordâncias ou rochas de outras formações que permitam separá-las. Por exemplo, nas serras do Pico da Antónia e de Palha Carga estão por cima de tufo-brecha e de espessos depósitos conglomeráticos. Também no Monte Brianda, e Sul da serra da Malagueta, existem conglomerados a marcar a discordância.

A culminar as séries deste complexo existem, na parte superior da serra do Pico da Antónia, formações constituídas por espessos níveis de piroclastos, algumas escoadas e filões verticais que em certos casos são de rocha vítrea de natureza tahitítica.

Estes episódios também não têm grande importância hidrogeológica.

### **VIII. Formação da Assomada (A)**

A formação da Assomada é constituída exclusivamente por mantos basálticos subaéreos e escassos piroclastos que repousam em discordância sobre os derrames do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia. As lavas, constituindo extensos derrames quase horizontais, são particularmente identificáveis na zona que compreende o planalto da Assomada, Achada Falcão, Fundura, Achada Baixo, Charco e Ribeira da Barca.

Esta formação tem uma localização muito especial: encontra-se entre as duas maiores elevações da ilha, o Pico da Antónia (1392 m) e a Serra da Malagueta (1063 m). Está, portanto, em posição de receber uma recarga significativamente importante, pelo que foi mesmo catalogada como “reservatório natural da ilha de Santiago”.

Nas figuras 3.2.31 e 3.2.32 podem ser apreciados aspectos de afloramentos desta formação

A sua importância hidrogeológica pode aquilatar-se pelo furo FT 185, através das Figs. 3.2.31, 3.2.32, 3.2.33, 3.2.34 e 3.2.35.



fig. 3.2.31. Carrismorto FBE-161 (Santa Catarina) – Formação da Assomada (A).  
 Fonte: A. Mota Gomes e A. F. Lobo de Pina, 2004.



fig. 3.2.32. Achada Falcão (Santa Catarina) – Formação da Assomada (A).  
 Fonte: A. Mota Gomes e A. F. Lobo de Pina, 2004.





DEGAS

INSTALAÇÃO DAS BOMBAS

FT 185

Local **TORRE- Sta. Catarina**

**BOMBA**

**Tipo :** SP-25-20

**N.º de fabricação :** --- da cabeça  
do corpo da bomba

**Colunas (3") :** 12 x 6.00 m = 72.00 m  
1 x 3.00 m = 3.00 m

**Bomba** 3.00 m = 3.00 m

**Profundidade da bomba** : 78.00 m

**Profundidade do furo** : 101.00 m

**Cota plataforma / cabeça do furo** : " m

**Cota tubo manométrico / corpo da bomba** : 0.20 m

**Comprimento da correia** : " m

N.º de ordem: 30 Submersível

**MOTOR**

**Tipo :** Submersível  
Franklin Motors

**N.º de fabricação :**

N.º de ordem: 30 Submersível

O encarregado do serviço: **Emanuel Higine B. Tavares** data **20 / 6 / 1980**

**ROTAÇÃO**

		ENSAIOS			Afinação
Data equipamento		20 / 6 / 1980	/ / 19	/ / 10	/ / 10
Motor : rpm					
Bomba : rpm		2.820			
Caudal	l/s	/	/	/	/
	m³/h	25			
Observações					

Observações N.E. = 60.76 m  
 Electrode de arranque.....66.75 m  
 " de segurança.....74.95 m  
 Diferença entre o selo e cabeça do furo.... 0.94 m  
 Não foi posto o electrode de nível de reser  
 vatório por ser muito distanciado.....

**fig. 3.2.34. Instalação da Bomba no Furo FT – 185, St.<sup>a</sup> Catarina.**

Fonte: A Hidrogeologia de Santiago, Alberto da Mota Gomes, Praia – 1980.

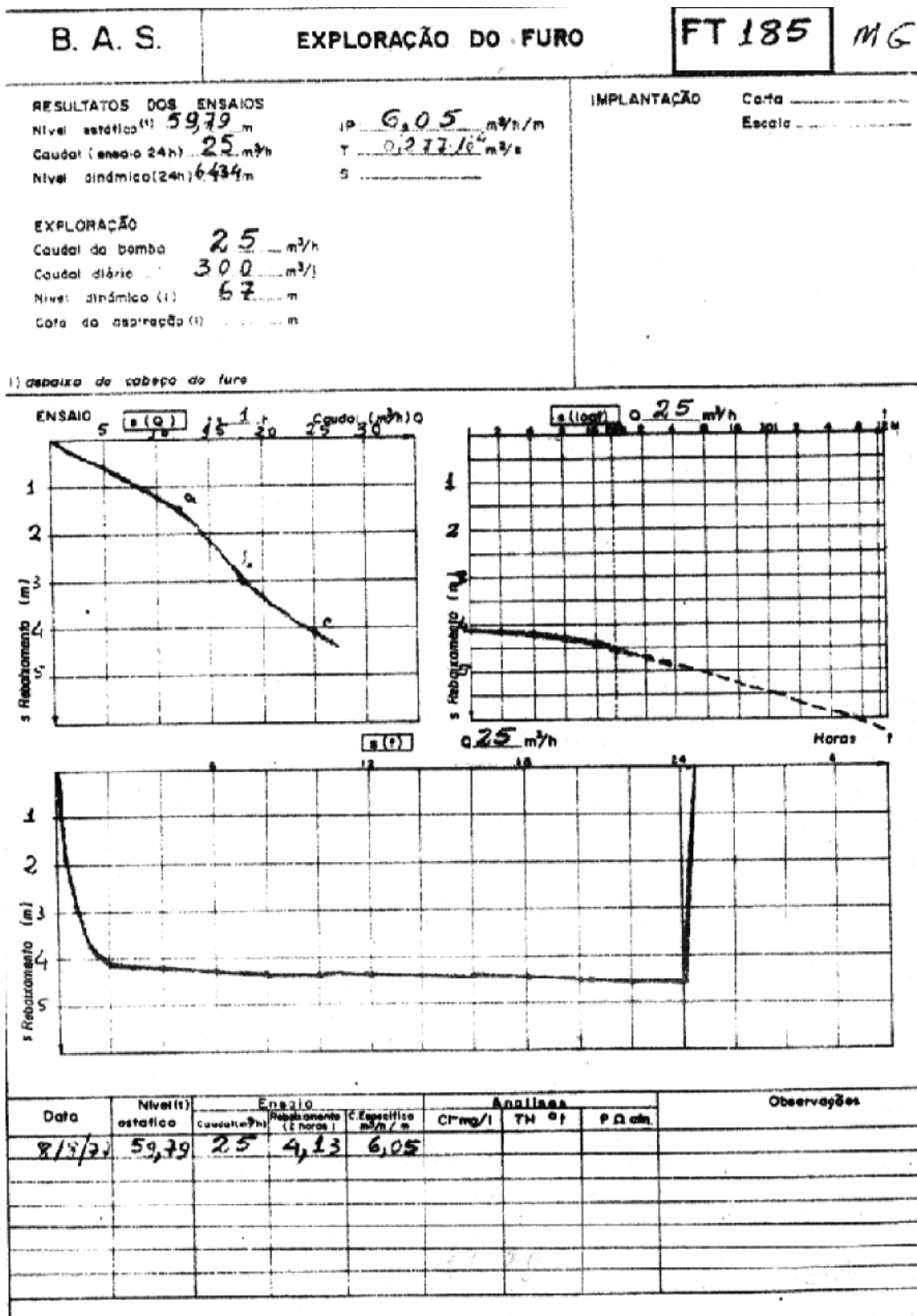


fig. 3.2.35. Exploração do Furo FT - 185, St.ª Catarina.

Fonte: A Hidrogeologia de Santiago, Alberto da Mota Gomes, Praia - 1980.

## **IX. Formação do Monte das Vacas (MV)**

Esta formação está representada por cerca de cinquenta cones de piroclastos basálticos (tufos, bagacina, bombas, escórias) e pequenos derrames. Estes pequenos aparelhos adventícios, como é usual, são de dimensões reduzidas. O de maiores proporções é o Monte Volta, com 230 m de altura e pendores de 20°. O Monte das Vacas que se lhe segue em dimensões, tem 200 m de altura e pendores de 25° (Figs. 3.2.36 e 3.2.37).

É digno de registo que estes cones estão espalhados praticamente por toda a ilha, com predominância para as regiões Sul, Centro e Norte.

Devido às suas características porosas, que permitem a fácil infiltração das precipitações, tem, por isso, grande interesse hidrogeológico, uma vez que facilita o encaminhamento da água em direcção ao aquífero principal.

## **X. Formações Sedimentares Recentes de idade Quaternária**

Abundam na ilha as formações de idade quaternária, terrestres e marinhas; antigas e modernas aluviões, formando, ou não, terraços, depósitos de vertente, de enxurrada, areias dunares e praias marinhas em vários níveis até 100 m de altitude (Serralheiro, 1976 p.168–175).

Estes depósitos aluvionares desempenham um papel hidrogeológico importante, em particular nos grandes vales da região Este, tais como, Ribeira Seca e Ribeira dos Picos, nos quais a espessura pode exceder os 30 m.

Todavia, a alguma distância do mar (5 ou 10 km) a sua espessura decresce muito rapidamente.

Na vertente Oeste, o pendor dos vales é, geralmente, bastante forte e, por isso, não permite a ocorrência duma toalha aluvial importante.





fig. 3.2.36. Monte Volta – Formação do Monte das Vacas (MV).  
Fonte: A. Mota Gomes e A. F. Lobo de Pina, 2004.



fig. 3.2.37. Monte Vaca – Formação do Monte das Vacas (MV).  
Fonte: A. Mota Gomes e A. F. Lobo de Pina, 2004.

## **Referências Bibliográficas**

- ALVES, C. A. Matos; MACEDO, J.R., SILVA L. Celestino, SERRALHEIRO, António e FARIA, F. Peixoto, 1979. Estudo Geológico, Petrológico e Vulcanológico da Ilha de Santiago, Garcia de Orta, Ser. Geol., Lisboa, 3 (1 –2), 47 –74.
- BEBIANO, J. Bacelar, 1932 – A Geologia do Arquipélago de Cabo Verde, Lisboa.
- GOMES, Alberto da Mota, 1980. A Hidrogeologia de Santiago, Praia.
- GOMES, Alberto da Mota & PINA, A. F. Lobo (2004). Contribuição Fotográfica, Praia.
- SERRALHEIRO, António, 1976. A Geologia da Ilha de Santiago (Cabo Verde). Tese de Doutoramento. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 218 p.

4.

## **GEOMORFOLOGIA E ALIMENTAÇÃO DE AQUÍFEROS**



## **4.1. GEOMORFOLOGIA**

### **4.1.1. Introdução**

A altitude média da ilha de Santiago é de 278,5 m, sendo a altitude máxima de 1392m (Pico da Antónia).

A Sul destaca-se uma série de achadas escalonadas entre o nível do mar e 300–500m de altitude.

A Oeste, o litoral é normalmente escarpado e, a Leste, é baixo e constituído por achadas.

No centro da ilha localiza-se o extenso planalto de Santa Catarina, que se situa entre 400 e 600 m de altitude.

Limitando a Sul e a Norte daquele planalto erguem-se, respectivamente, os maciços montanhosos do Pico da Antónia e o da Malagueta, cujos cimos ultrapassam os 1000m.

A Oeste, o flanco do planalto de Santa Catarina é extremamente declivoso até ao mar; a Leste, o flanco oriental inicia-se por encostas alcantiladas, mas os declives médios vão-se adoçando bastante até às achadas litorais.

Na região Norte da ilha, destaca-se Tarrafal, extensa região de achadas cujas altitudes variam entre 20 e 300 m, que se desenvolve a partir do sopé setentrional do Maciço Montanhoso da Malagueta, devendo-se destacar a plataforma litoral de Chão Bom (Tarrafal), cujas altitudes variam entre 0 e 20 m.

Neste relevo variado e bastante movimentado, insere-se uma rede hidrográfica de regime temporário relativamente densa, e na grande maioria dos casos, correndo em vales encaixados cujos talvegues apresentam perfil longitudinal acidentado e regime torrencial.

Nesta paisagem sobressaem os troços terminais dos vales principais das bacias hidrográficas mais importantes cuja forma terminal em canhão é vulgar. Isto fundamentalmente nos troços que cortam as achadas, tanto nas litorais como nas dos planaltos do interior da ilha. Esta forma de vale é devida à estrutura colunar que apresentam, tipicamente, as escoadas lávicas.

### **4.1.2. Caracterização das Grandes Unidades Geomorfológicas**

De acordo com Marques (1990), na ilha de Santiago da República de Cabo Verde, consideram-se sete unidades geomorfológicas, assim designadas:

Achadas Meridionais (I); Maciço Montanhoso do Pico da Antónia (II); Planalto de Santa Catarina (III); Flanco Oriental (IV); Maciço Montanhoso da Malagueta (V); Tarrafal (VI); Flanco Ocidental (VII) com características que se passam a descrever (Fig. 4.1.2.1).

As Achadas Meridionais (I) iniciam-se no sopé meridional do Maciço Montanhoso do Pico da Antónia e descem em degraus até ao mar, desde 500 m de altitude (Marques, 1983 a). São superfícies estruturais e/ou subestruturais que, no caso vertente, são constituídas por escoadas basálticas intercaladas com tufos, pertencentes ao Complexo Eruptivo do Pico da Antónia. Alguns dos vales que cortam as achadas estão escavados nas formações do Complexo Eruptivo Interno Antigo (CA), que jazem sob as formações do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia (PA).

Em função da altitude mais elevada e da franca exposição a SW (ventos quentes e húmidos) destaca-se a subunidade (Ia).

Os solos são na sua grande maioria Litossolos e Solos Litólicos. Existem, ainda, Vertissolos em áreas reduzidas, chegadas ao litoral.

As achadas possuem declives médios variando entre 2% e 12% na direcção do mar (Marques, 1983 a, 1987 e 1989–1990). Estão normalmente cobertas por material muito grosseiro derivado da desagregação *in situ* das escoadas lávicas e/ou transportado por enxurradas.

As achadas litorais (0–20 m, 20–50 m e 50–100 m de altitude) podem ainda conter material de antigas linhas de costa.

Esta unidade está sujeita às chuvadas episódicas da «monção» de SW e/ou à acção eólica da “lestada” (termo pelo qual é designado o vento do quadrante Leste). São ocupadas por pastagens das regiões áridas (Teixeira & Barbosa, 1958); nos últimos quinze anos têm sido objecto, nalgumas áreas, de florestamento.

Localmente existem, sob o material grosseiro de cobertura, alguns solos barróides (vérticos).

O material grosseiro que cobre os solos barróides preserva estes da erosão eólica. Mas, por outro lado, ele é um factor limitante para as culturas de sequeiro. Desta forma, só as pastagens e a florestação poderão vingar nesta região árida.

As bacias hidrográficas mais importantes das Achadas Meridionais são as que constam da Tabela 4.1.2.1.. Aqui se referem, pelo seu significado no processo de

deslocação do material grosseiro, o declive médio da bacia e a sua altitude média (Marques, 1987).

tab. 4.1.2.1. Bacias hidrográficas das Achadas Meridionais

Bacias hidrográficas	Declive Médio [%]	Altitude Média [m]
Santa Clara	8,1	509,8
Fundura	9,2	360,6
São João	9,6	500,2
Caniço Grande	7,5	271,8
Grande (Cidade Velha)	6,8	379,9
São Martinho Grande	6,2	411,0
Trindade	4,7	242,4
São Francisco	3,4	148,1

Fonte: Marques, 1990

Assim, pela análise da Tabela 4.1.2.1. verifica-se que dois terços das bacias hidrográficas têm altitudes superiores, por vezes muito superiores, à altitude média da ilha (278,5 m). Verifica-se também que o valor do declive médio das bacias é quase sempre elevado, o que se explica por as bacias terem as suas cabeceiras no Maciço do Pico da Antónia.

Nos fundos dos principais troços dos vales em canhão (ribeiras da Trindade, Grande, São João e outras bacias hidrográficas com as mesmas características) existem pequenos regadios alimentados por água obtida de galerias e/ou de furos de captação. As nascentes são raras.

Os solos barróides parecem representar um episódio pedogenético abortado no Quaternário subactual.

As «Achadas Meridionais» constituem actualmente um meio “intergrade”: com tendência recente para a pedogénese nas áreas florestadas (Achadas de São Filipe, Mosquito, etc.); com tendência antiga para a morfogénese nas áreas totalmente desvegetalizadas.

O Maciço Montanhoso do Pico da Antónia (II) é uma importante e acidentada área montanhosa que culmina no Pico da Antónia, aos 1392 m de altitude.

Do ponto de vista geológico-litológico, o maciço é constituído quase só por formações do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia.

São largamente dominantes os Litossolos e os Solos Litólicos.

Trata-se de uma unidade que representa a região meridional da bordeira da última grande caldeira da ilha de Santiago (Serralheiro, 1976).

O maciço eleva-se a partir dos 600 m de altitude e continua-se um pouco para NW constituindo o relevo de Palha Carga. Os relevos isolados de Monte Brianda e Pedroso podem ainda ser considerados como resíduos da antiga bordeira.

As encostas meridionais, alcantiladas e áridas, estão sujeitas às chuvadas episódicas, violentas e abundantes, provocadas pela chamada monção do SW. As encostas Norte e nordeste, viradas ao planalto de Santa Catarina, estão francamente sob o domínio dos alísios, principalmente de Novembro a Julho. Surgem assim, pelos 800 m de altitude, as «pastagens de altitude» (Teixeira & Barbosa, 1958), e, pouco mais acima, o perímetro florestal.

Dos pontos de vista geomorfológico, litológico e climático, o Maciço Montanhoso do Pico da Antónia pode comportar-se, teoricamente, como um reservatório natural de água, bastante importante sob o ponto de vista hidrogeológico.

Esta unidade geomorfológica, apesar da vegetalização de que foi alvo, continua a representar um meio em morfogénese, visto as formações brandas (tufos) dominantes no complexo litológico, profundamente meteorizadas, se situarem em zonas fortemente declivosas (declives sempre superiores a 25%) onde a vegetalização integral é difícil. Daí, a multiplicação de barrancos facilitada pela erosão diferencial.

O **Planalto de Santa Catarina (III)** constitui a região central da ilha de Santiago. É constituído por um conjunto de achadas compreendidas entre 400 e 600 m de altitude (Marques, 1984–1985). Esta unidade parece representar o fundo erodido da antiga caldeira do grande vulcão que deu origem ao conjunto litológico conhecido por Complexo Eruptivo do Pico da Antónia durante o Mio–Pliocénico (Serralheiro, 1976).

O planalto é limitado, respectivamente, a Norte e a Sul, pelos maciços montanhosos da Serra da Malagueta e do Pico da Antónia. A Oeste ainda se destacam os relevos de Palha Carga, Monte Brianda e Pedroso.

A monotonia do planalto, em que os declives médios variam entre 2% e 12%, é interrompida por algumas estruturas vulcânicas da Formação do Monte das Vacas, como são o Monte Jagau, Monte Felicote, etc.

O planalto é cortado por alguns vales em canhão – bacias hidrográficas de Águas Belas e Sansão, no fundo dos quais existem regadios.

Esta unidade morfológica está submetida principalmente à dinâmica de meteorização provocada pela humidade transportada pelos alísios. Desta forma, as formações litológicas (tufos, brechas–tufos e escoadas) deram origem a solos – Solos Paraferalíticos e Solos Iso–húmicos associados a Vertissolos (Faria, 1970) – que são dos poucos que ainda se conservam intactos na ilha e nos quais as culturas de sequeiro são ainda rentáveis.



No entanto, a área periférica do planalto, dada a desvegetalização que este sofreu, está sendo atacada pela erosão regressiva das ribeiras que sulcam o Flanco Oriental da ilha e que têm as suas cabeceiras neste planalto (Marques, 1984–1985b). Além disso, as culturas de sequeiro e a dispersão recente da ocupação humana, obrigando à desvegetalização dessas áreas limítrofes, favorece a erosão hídrica (Marques, 1984–1985b).

O planalto de Santa Catarina é ainda uma unidade estável, em fase de pedogénese, embora algumas áreas estejam já afectadas pela morfogénese, devido principalmente à acção antrópica.

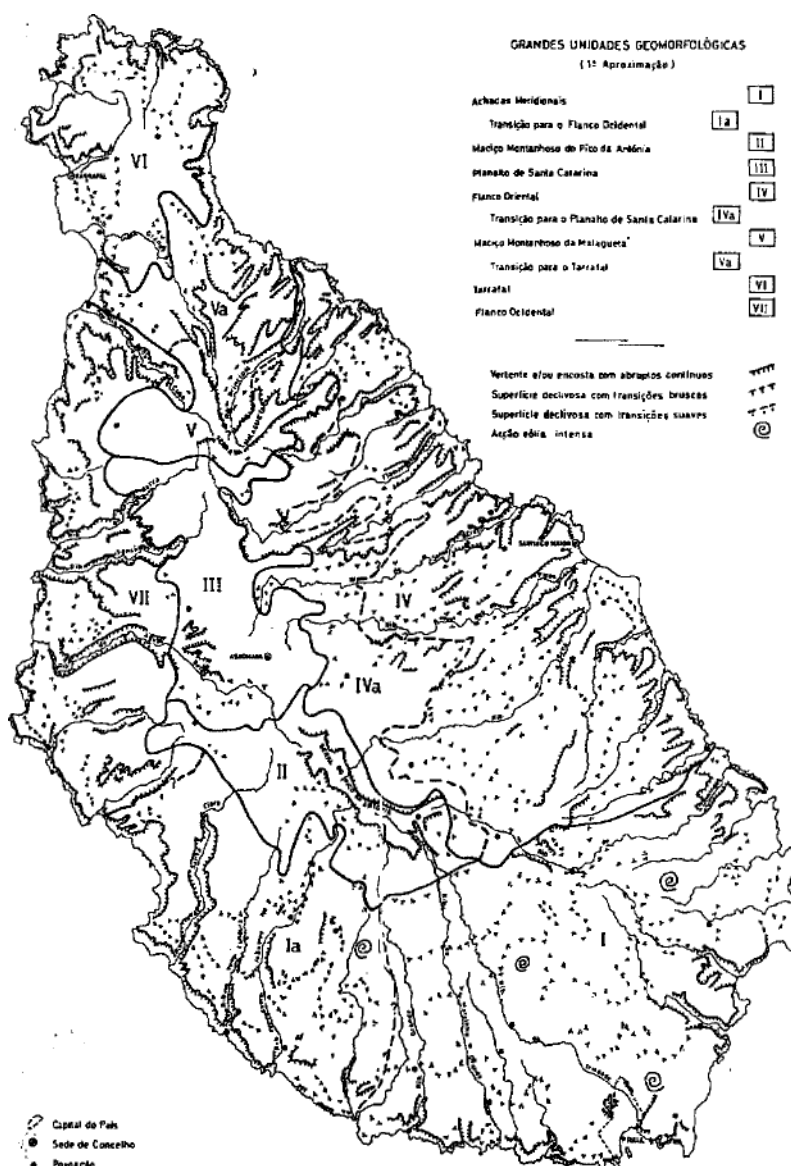


fig. 4.1.2.1. Grandes Unidades Geomorfológicas – Manuel Monteiro Marques.

Fonte: Garcia de Orta, Sér. Est. Agron., Lisboa, 17 (1–2), 1990, 19–29

O **Flanco Oriental (IV)** da ilha é constituído pelas bacias hidrográficas das ribeiras de São Domingos, Praia Formosa, Seca, Picos, Santa Cruz, Saltos, Flamengos e São Miguel.

Trata-se de vasta área totalmente exposta aos alísios que sopram quase permanentemente de Outubro a Julho e cuja acção benéfica se começa a fazer sentir a partir dos 300 m de altitude. Intermitentemente, a “lestada” sopra com certa intensidade na região litoral baixa (área de achadas) entre Outubro e Junho.

Do ponto de vista litológico predominam formações de tufos e tufos-brechas, alternando com escoadas lávicas pouco espessas. Nas grandes quebradas aparecem formações do mesmo tipo cortadas por densa rede filoniana. Estas últimas estão cartografadas como pertencentes ao Complexo Eruptivo Interno Antigo; sobre estas repousa a Formação dos Flamengos; sucede-lhe a espessa Formação Sedimentar dos Órgãos e, por fim, as do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia, com escoadas de fácies basáltica e tufos.

As cabeceiras das ribeiras atrás citadas situam-se no planalto de Santa Catarina ou nos maciços montanhosos do Pico da Antónia ou da Malagueta. Localizam-se em zonas alcantiladas com declives médios superiores a 25%; os seus troços médios apresentam declives médios entre 5% e 25% (Marques, 1987).

Estas características levam-nos a individualizar a subunidade (IVa) onde a dinâmica erosiva é intensa.

Na transição para o litoral, os declives médios dominantes daquelas bacias hidrográficas passam a variar entre 2% e 12%; nas achadas litorais baixas – Pedra Badejo e Achada Fazenda – os declives médios situam-se entre 0% e 5%.

Na Tabela 4.1.2.2. indicam-se os declives médios das bacias hidrográficas atrás citadas e as respectivas altitudes médias.

tab. 4.1.2.2. Bacias hidrográficas do Flanco Oriental

Bacias hidrográficas	Declive Médio [%]	Altitude Média [m]
São Domingos	5,1	310,3
Praia Formosa	8,4	226,2
Seca	8,6	290,4
Picos	6,6	347,9
Santa Cruz	4,2	259,8
Saltos	6,3	202,5
Flamengos	5,9	319,6
São Miguel	10,5	327,5

Fonte: Marques, 1990

Na Tabela 4.1.2.2. constata-se que os valores dos declives médios são elevados, enquanto as altitudes médias das bacias rondam a altitude média da ilha. Daí uma forte dinâmica erosiva a individualizar a transição para o planalto de Santa Catarina (IVa).

O troço terminal das ribeiras principais correm em vales em canhão, cujos fundos são, na maior parte das vezes, aproveitados para culturas diversificadas de regadio (Marques (1985).

O Flanco Oriental é uma região onde a densidade populacional é elevada e onde as culturas de sequeiro, principalmente a do milho e a do feijão congo em consociação, dominam todas as encostas, certamente devido ao facto de estarem sujeitas à exposição dos ventos húmidos de NE.

Esta unidade geomorfológica encontra-se muito erodida, pois que, tanto do ponto de vista geomorfológico, como do ponto de vista de ocupação do solo, tudo concorre para que a dinâmica erosiva se desencadeie em todas as situações devido à ausência de coberto vegetal eficaz. Toda a compartimentação natural da paisagem foi destruída devido à cultura de sequeiro predominante (milho) e à dispersão caótica do povoamento.

Por outro lado, a cultura do milho exige várias mobilizações do solo ao longo do seu ciclo vegetativo em função da «previsão popular» de chuva. Desta forma, dadas as características climáticas dominantes, os trabalhos de mobilização do solo tornam-se factores aceleradores da erosão, originando constantes movimentos de massa (*creep*) devido aos fortes declives médios das encostas. Daí a degradação generalizada do perfil do solo em toda a unidade geomorfológica, principalmente na subunidade (IVa).

As consequências prejudiciais daquela dinâmica são a produção de aluviões que, ao deslizarem ao longo das encostas, se acumulam no fundo dos vales, constituindo, assim, depósitos de vertente não fixados, os quais virão a ser novamente mobilizados para a cultura de sequeiro. Por outro lado, o escoamento hipodérmico nas encostas é anulado.

Assim, os regadios têm de ser bem defendidos com diques para se evitar a sua destruição com o material transportado ao longo das vertentes e com a deslocação dos depósitos de vertente, aquando das enxurradas, ao longo do canal colectador.

Perante as condições topográficas adversas, a inexistência de precipitação regular na época própria, a ausência de coberto vegetal eficaz e as práticas agrícolas inadequadas concorrem aceleradamente para a degradação total do perfil do solo. Desta forma, no Flanco Oriental da ilha de Santiago a morfogénese é fortemente positiva.

**O Maciço Montanhoso da Malagueta (V)**, que culmina aos 1063 m, é, como já se disse para o Maciço Montanhoso do Pico da Antónia, outro relevo residual da antiga

bordeira. É constituído por formações litológicas do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia.

No sopé meridional do maciço desenvolve-se o planalto de Santa Catarina; na base da sua encosta Norte estende-se a região do Tarrafal.

A encosta Norte do maciço está exposta aos alísios, daí uma razão para a existência de coberto vegetal bastante denso. A coroa-la, desenvolve-se importante perímetro florestal e algumas pastagens de altitude.

As encostas da Malagueta são fortemente alcantiladas, principalmente as de NE e de NW. Os declives médios destas encostas são sempre superiores a 25% (Marques, 1987). Do lado NE, a unidade desenvolve-se em direcção ao litoral e engloba as bacias hidrográficas de São Miguel e Principal; do lado NW acontece o mesmo, abrangendo a bacia da Ribeira Grande (Tarrafal).

Os solos são essencialmente Litossolos e Solos Litólicos.

Nesta unidade nascem três importantes bacias hidrográficas: São Miguel e Principal, a NE; Ribeira Grande, a NW. Os cursos de água, tanto principais como secundários, estão profundamente encaixados até perto do litoral, onde já correm em vales em canhão que cortam achadas de média altitude.

Assim considera-se a subunidade (Va), pois que constitui uma transição para a unidade (VI) em função dos valores dos declives médios, da exposição e das formas de relevo constituídas por achadas dispostas em degraus.

Na Tabela 4.1.2.3. apresentam-se os declives médios e as altitudes médias daquelas bacias hidrográficas.

tab. 4.1.2.3. Bacias hidrográficas do Maciço Montanhoso da Malagueta

Bacias hidrográficas	Declive Médio [%]	Altitude Média [m]
São Miguel	10,5	327,5
Principal	12,8	377,1
Ribeira Grande	7,0	289,8

Fonte: Marques, 1990

Os declives médios expressos na tabela n.º 4.1.2.3 mostram que se referem a bacias hidrográficas de montanha. Os valores das altitudes médias estão de acordo com a posição delas e são superiores à altitude média da ilha.

Os fundos dos vales encontram-se, na totalidade, pavimentados por detritos onde predominam os blocos. Apesar disso, nos cursos abertos a NE existem alguns regadios.

Os perfis nas aluviões mostram que sob os blocos se encontra material de granulometria mais fina. Isto pode ser indício de que houve recentemente e/ou que existe actualmente desequilíbrio do meio.

A dinâmica erosiva ao longo das encostas abruptas da Malagueta é essencialmente função da acção da gravidade. A acção antrópica pouco se faz notar nesta unidade.

É nosso entendimento, citando Marques (1990), que o Maciço Montanhoso da Malagueta devidamente florestado, à semelhança do Maciço Montanhoso do Pico da Antónia, pode-se tornar num bom reservatório natural de água.

O **Tarrafal (VI)** parece corresponder a uma região vulcânica insular que veio a coalescer com a ilha de Santiago propriamente dita (Serralheiro, 1976).

Trata-se de uma área de achadas (Achada Grande, Ponta da Achada, Achada Tomás, Achada Bilim, etc.) escalonadas entre 20 e 300 m de altitude, com declives médios compreendidos entre 2% e 5% e constituídas por formações do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia.

Naquela paisagem sobressaem algumas estruturas vulcânicas do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia, das quais a mais imponente é a estrutura de fonólitos e traquitos do Monte Graciosa. Algumas estruturas vulcânicas mais modernas, como o Monte Covado, pertencem à Formação do Monte das Vacas.

A estrutura de achadas ocidentais (entre 20 e 100 m de altitude) domina uma extensa plataforma de abrasão marinha, coberta por depósitos recentes de enxurrada e por algumas dunas, compreendida entre Tarrafal e Chão Bom.

Os depósitos de enxurrada são alimentados pela destruição das frentes das escoadas lávicas. Por outro lado, aqueles depósitos misturam-se com os de uma linha de costa recente.

Além da Bacia Hidrográfica da Ribeira Grande, existem ainda três pequenas bacias que cortam as achadas e/ou que se encaixam entre morros. São as de Lobrão, Fazenda e Fontão. Caracterizam-se por, numa área restrita, se encaixarem vigorosamente, o que pressupõe problemas recentes de instabilidade do meio. Na Tabela 4.1.2.4 indicam-se os declives médios das bacias e as respectivas altitudes médias.

tab. 4.1.2.4. Bacias hidrográficas do Tarrafal

Bacias hidrográficas	Declive Médio [%]	Altitude Média [m]
Lobrão	6,3	150,0
Fazenda	7,2	197,6
Fontão	5,2	171,8

Fonte: Marques, 1990

Existe um regadio em Chão Bom alimentado fundamentalmente por água extraída de furos.

Grande parte da unidade já se encontra muito bem compartimentada, graças à florestação a que se procedeu; neste momento já se pode falar de silvo–pastorícia e procede–se a culturas de sequeiro bem compartimentadas.

No entanto, a área de Chão Bom, continua a sofrer os efeitos desastrosos provocados pela dinâmica morfogenética que afecta o Maciço da Malagueta.

Os ventos alísios só favorecem a fachada NE da unidade. O restante território, que representa a maior área, está exposto a W e, assim, corresponde–lhe acentuada aridez, a qual, todavia, está sendo contrariada eficazmente pela vegetalização efectuada à custa da captação de águas subterrâneas por intermédio de furos.

Tarrafal pode–se considerar neste momento, e globalmente, como uma unidade de transição (intergrade) para a fase de pedogénese.

O Flanco Ocidental (VII) representa a transição entre o planalto de Santa Catarina e o mar.

Do ponto de vista litológico–geológico encontram–se, de forma esparsa, formações do complexo filoniano de base, sobre a qual jazem escoadas lávicas e tufo do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia e os mantos de fácies basáltica da Formação da Assomada.

Trata–se de uma região extremamente árida, muito declivosa, e que desce abruptamente para o mar. Os declives médios das encostas variam em geral entre 12% e 25% (Marques, 1987).

As encostas desenvolvem–se paralelamente à linha de costa. O litoral é quase sempre de arriba viva.

As bacias hidrográficas mais significativas nesta unidade são as das ribeiras de Cuba, Laxa, Barca, Sansão, Águas Belas, Selada e Angra, cujos declives médios e altitudes médias estão expressos na Tabela 4.1.2.5.

A transição entre as unidades (VII) e (I) é bastante indefinida devido ao facto de o tipo de meteorização física das rochas ser semelhante nas duas unidades.

tab. 4.1.2.5. Bacias hidrográficas do Flanco Ocidental

Bacias hidrográficas	Declive Médio [%]	Altitude Média [m]
Cuba	11,8	469,9
Laxa	15,0	319,8
Barca	9,3	441,4
Sansão	4,2	384,9
Águas Belas	5,4	426,6
Selada	12,3	349,6
Angra	16,7	214,8

Fonte: Marques, 1990

Quanto aos solos predominam, quase em exclusivo, os Litossolos e os Solos Litólicos.

Dada a forma dos vales e o tipo climático reinante, praticamente não há regadio. Quanto às culturas de sequeiro (principalmente a do milho), elas são as únicas que se praticam episodicamente numa região quase desabitada.

A arenização da rocha é devida à aridez do clima; a fracturação é devida à existência de inúmeras fissuras que afectam as escoadas lávicas. Os detritos vão deslizando ao longo das encostas comandados, e por vezes arrastados, por chuvas episódicas.

Trata-se de uma unidade em franca morfogénese. Na ilha de Santiago, o Flanco Ocidental é, possivelmente, a região em que a dinâmica de desertificação tem a sua expressão mais concreta, só semelhante à das chãs litorais da ilha de São Nicolau.



fig. 4.1.2.2. O relevo de Santiago (mapa das curvas de nível).

Fonte: Santiago de Cabo Verde, A Terra e os Homens, Ilídio do Amaral, 1964.





## 4.2. ALIMENTAÇÃO DE AQUÍFEROS

Quando olhamos o mapa de Santiago, logo nos impressiona a forte densidade de vales profundos que recortam toda a ilha, correndo das zonas centrais, mais altas, para todos os lados, em direcção ao oceano. O maciço do Pico da Antónia é a área de drenagem de maior importância, com uma rede de vales mais densa para Leste, apresentando as bacias de recepção a característica comum de anfiteatros amplos. Da mesma forma, a serra da Malagueta é retalhada por numerosos vales, abismos profundos que correm de acordo com o declive estrutural; na sua evolução, algumas das cabeceiras da rede vão-se aproximando do relevo vigoroso da escarpa da serra.

Três grandes áreas de drenagem se podem delimitar por linhas tiradas do Pico da Antónia (Amaral, 1964), (Fig. 4.2.1).

- i. Para a baía do Medronho (Tarrafal), passando pela Quebrada;
- ii. Para a baía de St.<sup>a</sup> Clara, passando pela Achada Lagoa;
- iii. Para a Ponta Prinda, através de Pedra Branca e de Ribeirão Chiqueiro.

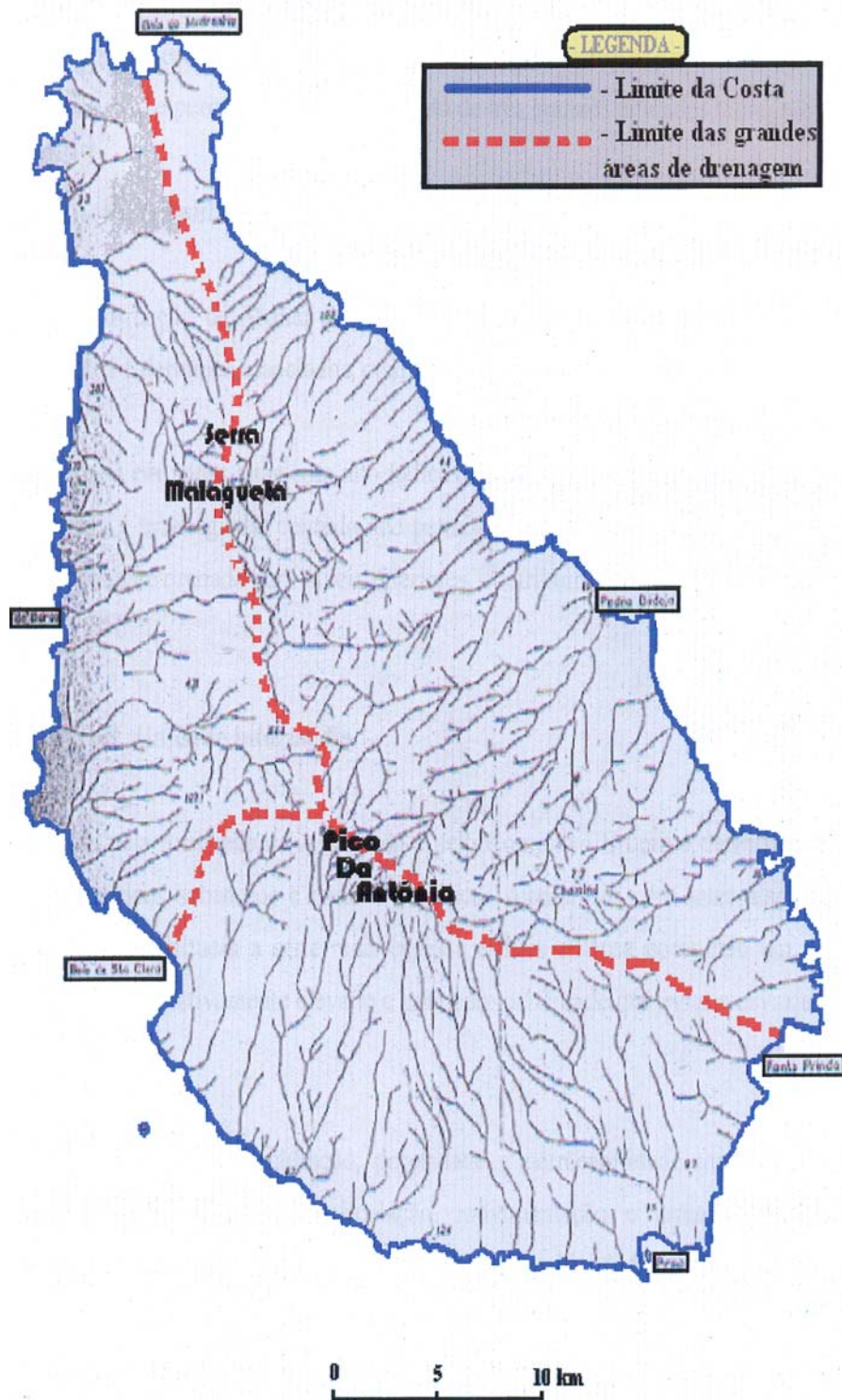
No balanço hidrológico que consta no “Esquema Director para a Exploração dos Recursos Hídricos (1993–2005), Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – Conselho Nacional de Águas, Instituto Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos, Abril de 1993”, mostra-se que para a ilha de Santiago foram estimados os seguintes Volumes Médios Anuais dos Recursos Hídricos (Tabela 4.2.1.)

tab. 4.2.1. Volume médio anual dos recursos hídricos da ilha de Santiago (milhões de m<sup>3</sup>/ano)

Concelho	Água de superfície	Água subterrânea		
		Recursos Brutos (período médio)	Explorável (período médio)	Explorável (período seco)
<b>Tarrafal (+ Calheta)</b>	11,7	10,1	6,6,	4,1
<b>Santa Catarina</b>				
vertente Oeste	12,4	13,5	7,1	3,8
vertente Leste	4,2	1,6	0,8	0,4
<b>Santa Cruz</b>	10,8	7,1	5,7	4,2
<b>Praia (+S. Domingos)</b>	17,5	10,1	5,8	4,0
<b>Ilha de Santiago (totais)</b>	56,6	42,4	26,0	16,5

Fonte: Schéma Directeur pour la mise en valeur des ressources en eau (1993 – 2005) Volume 2 – Ile de Santiago, pg. 12.9 – Source : Projet CVI – 87 – 001.

Os Recursos Hídricos Subterrâneos da ilha de Santiago são estimados em 42.4 milhões de metros cúbicos por ano. Dessa quantidade total, apenas 26.0 milhões de metros cúbicos por ano é tecnicamente explorável, num ano de pluviometria regular, e 16.5 milhões de metros cúbicos por ano, nos períodos de seca.



A tracejado, os limites das grandes áreas de drenagem.

Fonte: Santiago de Cabo Verde, A Terra e os Homens, Ilídio do Amaral, 1964

Com o suporte da Sequência Vulcanológica estabelecida por Serralheiro (1976) e apoiado pelo resultado dos trabalhos de Hidrogeologia realizados na ilha de Santiago há dezenas de anos –desde finais do ano de 1971 até à presente data, foi possível estabelecer a Sequência Hidrogeológica para a ilha de Santiago, integrada pelas Unidades de Base, Intermédia e Recente (Fig. 4.2.2.).

- iii. **Unidade Recente**, constituída pela Formação do Monte das Vacas, que é muito permeável. Por isso, não permite a retenção das águas que, assim, se infiltram, privilegiadamente, em direcção ao aquífero principal.

Também se integram nesta unidade as aluviões.

- iv. **Unidade Intermédia**, constituída pelo Complexo Eruptivo do Pico da Antónia que, por sua vez, é constituída essencialmente por mantos basálticos subaéreos e submarinos. É a unidade geológica mais espessa, mais extensa e que facilita a circulação da água no seu seio, apresentando uma permeabilidade bastante superior à da unidade de base assumindo, por isso, as características do aquífero principal.

Também se inclui nesta unidade a Formação da Assomada.

- v. **Unidade de Base**, o Complexo Eruptivo Interno Antigo, a Formação dos Flamengos e a Formação dos Órgãos constituem esta unidade, que se caracteriza por possuir um grau de alteração relativamente elevado, o que lhe confere uma permeabilidade relativamente baixa e, por conseguinte, produtividade relativamente fraca.

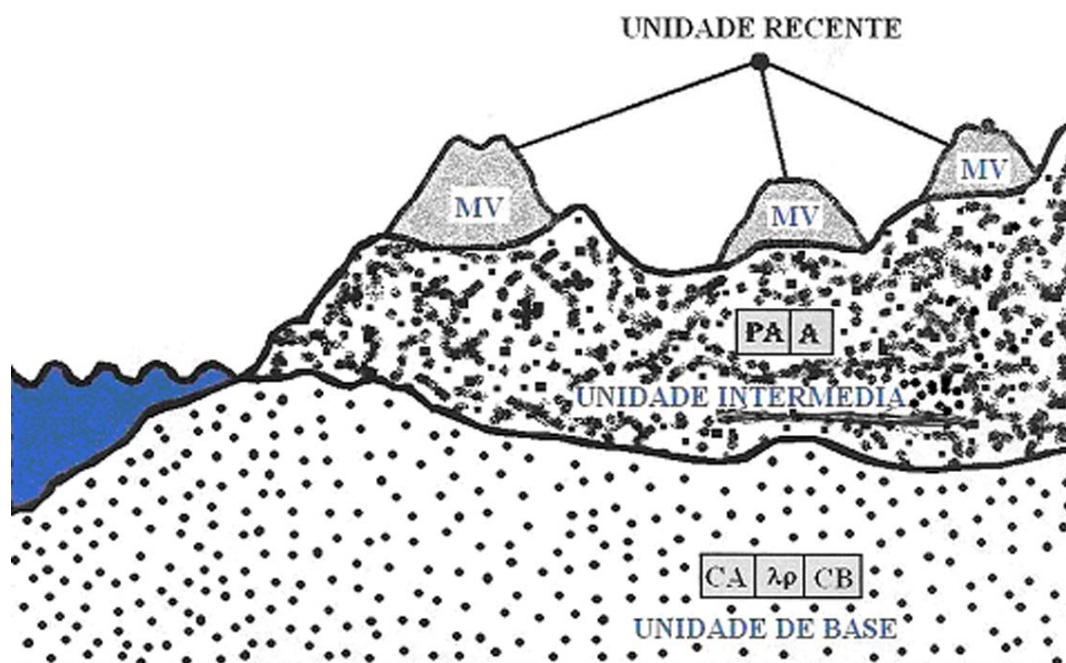


fig. 4.2.2. Esquema hidrogeológico geral para a ilha de Santiago.

Fonte: Mota Gomes, Lobo de Pina, 2004

## **Referências Bibliográficas**

- AMARAL, Ilídio do Amaral, 1964. Santiago de Cabo Verde, A Terra e os Homens: Memórias da Junta de Investigações dp Ultramar, 2ª Série nº 48. Lisboa.
- GOMES, Alberto da Mota e PINA, António Filipe Lobo de Pina, 2004. As Principais Unidades Hidrogeológicas da ilha de Santiago, Praia.
- MARQUES, Manuel Monteiro, 1990. Caracterização das grandes unidades geomorfológicas da ilha de Santiago (República de Cabo Verde), Garcia de Orta, Sér. Est. Agron., Lisboa, 17(1–2), 1990, 19–29.
- SERRALHEIRO, António, 1976. A Geologia da Ilha de Santiago (Cabo Verde), Tese de Doutoramento. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 218 p.



**5.**

## **CLIMATOLOGIA**





## **5.1. CLIMA E O TEMPO**

O arquipélago de Cabo Verde, ao largo da costa ocidental do continente africano, diante do promontório que lhe deu o nome, encontra-se situado numa vasta zona de climas de tipo árido e semi-árido que atravessa a África desde o Atlântico ao mar Vermelho e se prolonga pela Ásia. Fica a faixa extensa compreendida entre os centros de altas pressões subtropicais do Atlântico Norte (anticiclone dos Açores) e a Zona Convergência Inter-tropical (ZIT dos autores de língua inglesa), portanto no seio dos ventos alísios de nordeste.

O clima das ilhas é caracterizado por temperaturas elevadas todo o ano, com chuvas concentradas num curto espaço de tempo (Agosto, Setembro, Outubro), mas, pior do que isso, com longos períodos sem qualquer precipitação, o que põe em perigo as colheitas, os gados e os homens; com a sua atmosfera asfixiante sob um tecto baixo de nuvens, que mais sufocante se torna pelas quantidades enormes de calor libertadas de um solo nu de vegetação.

Duas estações principais definem o clima das Ilhas: o “tempo das brisas” (estação seca), de Dezembro a Junho, e o “tempo das águas” (estação das chuvas), de Agosto a Outubro, com anos de precipitação mínima ou quase nula, separados pelos meses de Julho e Novembro, que podem ser considerados de transição. A chuva é o elemento dominante da diferenciação estacional do ano e o eixo em torno do qual gira o “mundo” do cabo-verdiano.

## **5.2. ELEMENTOS DO CLIMA**

### **5.2.1. Temperatura**

São escassas as observações térmicas em Santiago, embora sejam abundantes as informações udométricas (Cunha, 1962). Iniciaremos o nosso estudo pelo regime térmico da cidade da Praia, no litoral Sul da ilha, e a partir dele procuraremos depois encontrar as variantes regionais, sempre que as circunstâncias o permitirem.

Tomando o período de 30 anos de observação, entre 1973–2002, os valores da temperatura fornecidos pelo Serviço Nacional de Meteorologia e Geofísica – Delegação da Praia, registados no Aeroporto da Praia, têm uma média de 25,0°C para os trinta anos de observação, em que o mês mais quente teve o valor de 25,8°C, em 1987, e o valor mais fresco de 24,4°C, em 1976. A Tabela 5.2.1.1. ilustra as temperaturas médias anuais e mensais durante o período de 1973–2002.

Relativamente às médias mensais, o mês mais quente foi o de Setembro, atingindo o valor de 27,4°C, enquanto que o mais fresco foi o de Janeiro, com o valor de 22,0°C. No que se refere às temperaturas diárias, pode-se observar que a temperatura aumenta progressivamente de Janeiro até atingir o seu máximo em Setembro, para depois diminuir até atingir o seu valor mínimo em Janeiro (Figs. 5.2.1.1, 5.2.1.2.).

tab. 5.2.1.1. Temperaturas médias anuais [°C] e mensais durante o período de 1973–2002, registada no Aeroporto da Praia

Ano	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Média
1973	26,3	24	23,2	22,3	23,6	24,8	25,5	26,2	26,2	27,6	27,7	27,4	25,4
1974	25,2	23,5	23,1	22,4	21,9	22,3	23,8	25	25,6	27,1	27,3	26,9	24,5
1975	25,4	24,1	23,1	23	22,6	23,3	23,5	25,6	25,5	26,6	26,3	26,7	24,6
1976	25,7	22,7	22,3	22	22,3	23	23,3	24,4	25,6	27,2	27,3	26,8	24,4
1977	26,4	24,2	22,8	23,1	24,3	24	24,4	25,4	25,1	26,2	27,4	26,9	25,0
1978	27,1	24,4	23,2	23,4	23,8	23,4	24,5	25,1	25,5	26,8	27,3	28,1	25,2
1979	25,9	24,7	23,2	24,7	23,9	25,6	26,2	26,1	26	27,2	28	27,3	25,7
1980	25,4	23,8	23,3	23,8	24	25,7	25	25,9	26,2	26,9	27,4	27,4	25,4
1981	26,1	24,9	23,8	22,7	24,5	24,1	24,7	25,4	25,8	27	27,2	27,3	25,3
1982	25,8	23,3	23,1	22,6	23,3	23,8	24,8	25,6	26	26,6	27,2	27,1	24,9
1983	26,7	24,1	23	23,7	25	24,6	24,9	25,7	26	27	27,4	27,6	25,5
1984	25,4	23,1	22,2	23	22,5	23,7	24,6	25,4	26	27,3	26,9	26,9	24,8
1985	26,3	24,2	21,9	22,9	22,4	22,7	23,4	25,3	26,1	26,9	28	28,2	24,9
1986	25,2	23,4	21,9	21,4	22,2	23,6	24,4	24,8	25,4	27,3	27,7	26,9	24,5
1987	26,4	25,1	22,4	22,7	24,7	26,1	26,4	26,3	27	27,4	28,1	26,4	25,8
1988	26,1	23,4	22,3	21,9	24,1	24,3	24,7	25,1	25,8	26,5	27,2	27,2	24,9
1989	25,9	24,6	22,4	22,3	22,7	23	25,2	26,7	26,7	27,3	28,1	27,5	25,2
1990	26,1	24,5	22,2	24,5	25,1	23,9	25,4	25,4	26,2	27,8	28,3	27,7	25,6
1991	26,8	24,4	22,9	22,3	22,6	23,9	24,3	25,7	26	26,8	28,1	27,4	25,1
1992	25,2	23,3	23,5	22,9	23,8	23,7	25,2	25,4	25,8	26,9	27,6	26,2	25,0
1993	24,6	23,4	22,3	22,8	23	23,6	24,6	25	25,9	27,3	27,5	26,7	24,7
1994	26,5	24,3	21,8	22,6	22,1	23,7	23,9	25,1	25,7	26,7	27,2	27	24,7
1995	27,3	24,6	23	23,4	22,2	22,9	25,1	26,1	26,5	27,1	27,2	27,8	25,3
1996	26,1	23,8	24,1	23,1	23,3	24,9	25,2	25,6	26,5	27	27,2	27,4	25,4
1997	**	21	23,5	25,2	23,7	24,1	25,1	26,2	26	26,6	24,9	24,6	24,6
1998	26,9	23,9	23,2	24,8	24,8	24,1	24,1	25,4	25,9	26,7	26,8	27,7	25,4
1999	25,6	**	**	21,1	21,6	23	**	**	25,8	26,5	26,7	26,3	24,6
2000	25	23,8	21,6	22,7	24,6	24	23,3	24,7	25,6	27	27,3	**	24,5
2001	26,1	25,3	22,7	23,1	24,3	24,1	23,6	24,9	26,1	27,6	27,6	27,5	25,2
2002	25,4	24,3	24,3	24	24,1	23,5	24	24,7	25,1	26,4	27,5	27,2	25,0
Média	26	23,2	22	22,9	23,4	23,9	23,7	24,6	25,9	27	27,4	26,3	25,0

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica – Delegação da Praia

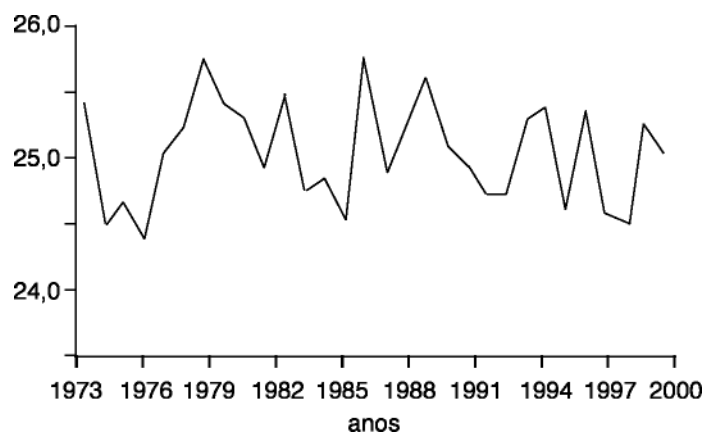


fig. 5.2.1.1. Temperaturas Médias Anuais da Praia (período de 1973–2002).

Fonte: A. Mota Gomes e A. F. Lobo de Pina, 2004.

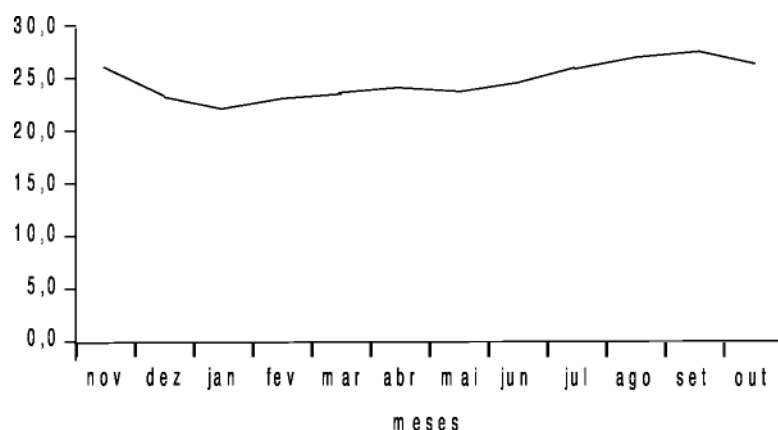


fig. 5.2.1.2. Temperaturas Médias Mensais da Praia (período de 1973–2002).

Fonte: A. Mota Gomes e A. F. Lobo de Pina, 2004.

Das observações e das sensações reunidas durante as viagens e estadas em diversos pontos da ilha, poder-se-ia talvez sugerir o seguinte esquema da repartição térmica (Gomes e *al*, 2005):

- a. Climas do litoral, como os da Praia e de S. Francisco.
- b. Climas de altitude, como os do Pico da Antónia e da Serra Malagueta.
- c. Climas de vertente não exposta aos alísios – Mosquito, Chuva Chove.
- d. Microclimas pontuais, no interior de certos vales (Seca, Principal, Engenhos, etc.).

## 5.2.2. Pressão e ventos

A ilha de Santiago está situada na zona onde os alísios de nordeste sopram com regularidade durante todo o ano. Embora se possam observar em certas épocas diferenças na direcção dos ventos, a circulação de nordeste é muito regular; somente nos meses da estação das chuvas se produzem maiores perturbações neste fluxo.

A rosa-dos-ventos da Praia, estabelecida para o decénio de 1951–1960, um período de observações regulares com três medições por dia, mostra uma preponderância absoluta dos ventos de Norte e de nordeste (Fig. 5.2.2.1). Com efeito, são os alísios que sopram das altas pressões subtropicais para as depressões equatoriais.

De Janeiro a Junho podem predominar os ventos do Norte e no restante do ano os de nordeste; nos meses de Julho a Setembro podem soprar ventos de Sul e Oeste. Em dez anos, o número de observações de ventos de Oeste tem o valor baixíssimo de 48. A regularidade dos ventos dos quadrantes de Leste, colocados sob a dependência das altas pressões do Atlântico Norte é, certamente, o facto mais importante. Contudo, os ventos locais ligados a factores de ordem geográfica podem perturbar ligeiramente este esquema. (Tabela 5.2.2.1.)

A constância das pressões ainda é mais notável que a das temperaturas ou dos ventos. Qualquer alteração na curva sempre regular das pressões só poderá corresponder à passagem de um ciclone pela ilha, como sucedeu em Setembro de 1961. A Fig. 5.2.2.2. mostra a curva representativa dos valores médios de pressão reduzidos ao nível do mar, observados na Praia nos anos de 1951 a 1960. A pressão média foi de 1013,5 mb. Nesse período as médias anuais andaram muito perto da média decenal, oscilando entre 1012,6 mb em 1955 e 1014,2 mb em 1951. Também as médias mensais se afastaram pouco daquele valor. O mês de Junho exibiu a média mais elevada (1014,6 mb) e Setembro a mais baixa (1012,2 mb). Muito embora sejam fracas as amplitudes de variação, há um ritmo estacional bem marcado em que o máximo de Junho separa o conjunto de pressões mais baixas (Dezembro a Março) do das pressões mais altas (Julho a Novembro), de variação mais gradual; Dezembro – Janeiro apresenta um máximo secundário, Março – Abril um mínimo secundário. Nestes dez anos a média mais elevada foi verificada quatro vezes em Janeiro, duas em Fevereiro, três em Junho e uma em Dezembro; a média mais baixa situou-se três vezes em Agosto, seis em Setembro e uma em Outubro.

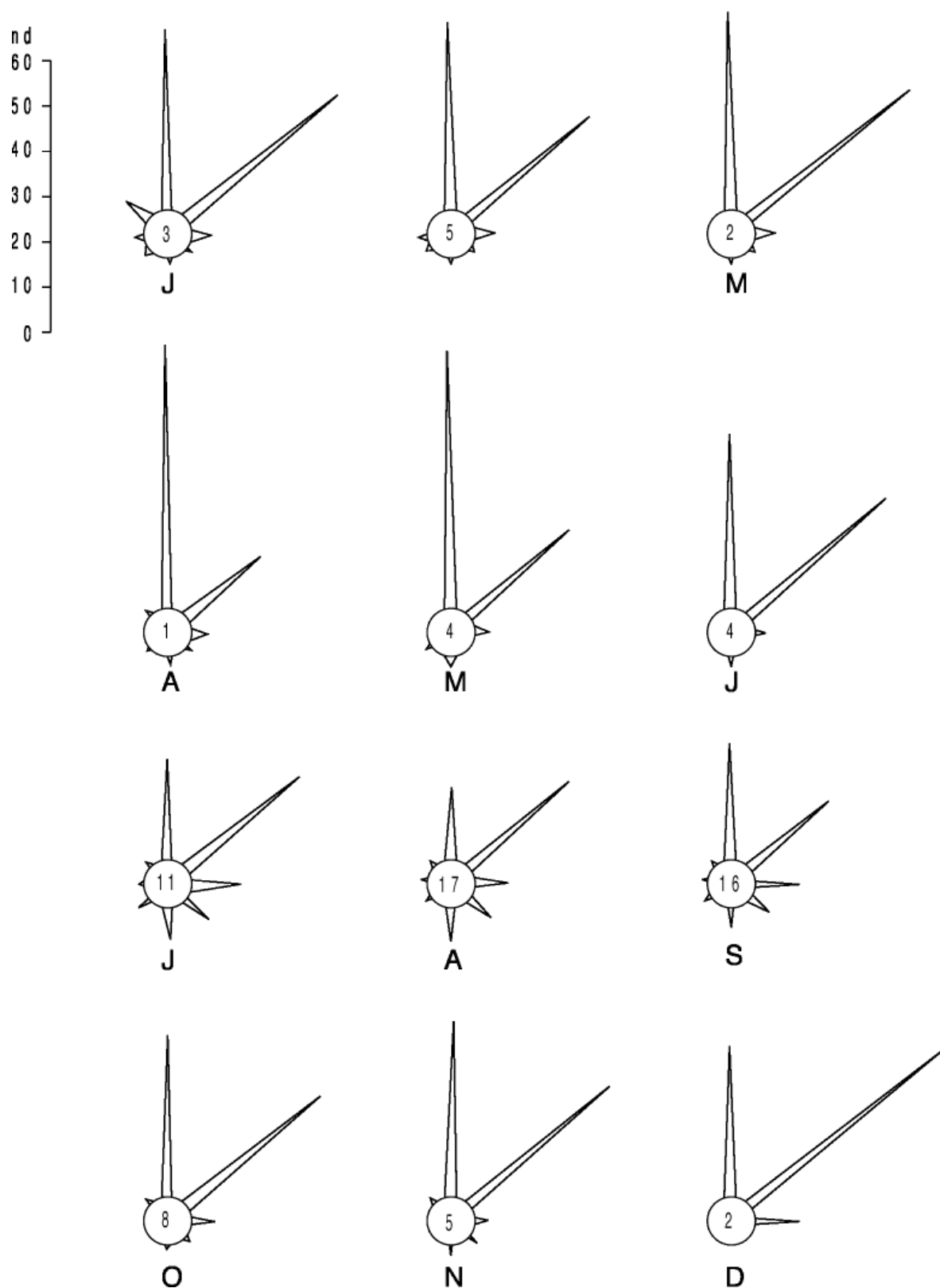


fig. 5.2.2.1. Rosa-dos-ventos da Praia (médias mensais do período de 1951–1960).

No centro de cada círculo está inscrito o número de “calmas”

Nd = valor médio do número de observações

Fonte: Santiago de Cabo Verde, A Terra e os Homens, Ilídio do Amaral, 1964.

tab. 5.2.2.1. Número de observações dos rumos dos ventos na Praia (período de 1951–1960).

Direcção	Número de Observações	Percentagens %
N	4 672	43%
NE	3 833	35%
E	672	6%
SE	243	2%
S	384	4%
SO	158	1%
O	48	0%
NO	180	2%
Calmas	760	7%

Fonte: Amaral, 1964

Excepção feita às perturbações causadas pela passagem de ciclones, a amplitude anual raramente excedeu os 3 mb; o valor mais pequeno foi de 2,3 mb em 1960, o mais elevado de 3,7 mb em 1957.

A marcha diurna das pressões está igualmente submetida a uma dupla oscilação clássica: a maré barométrica. O máximo principal vem por volta das 10 horas (hora local) e o mínimo às 16; às 22 horas aparece um máximo secundário. Esta variação diurna é muito regular e bem marcada, com uma amplitude média de cerca de 2 mb. Apenas os ciclones provocam variações profundas, com amplitudes da ordem de 10 mb.

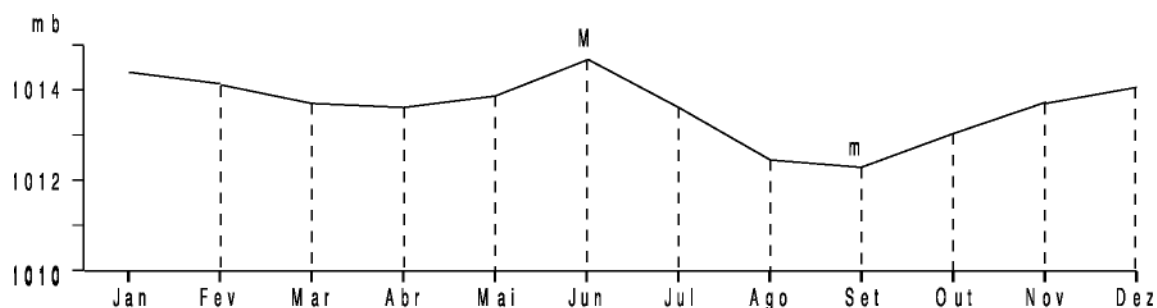


fig. 5.2.2.2. Médias mensais da pressão atmosférica na Praia (período de 1951–1960).

M = valor máximo; m= valor mínimo.

Fonte: Amaral, 1964

### 5.2.3. Humidade Relativa e Nebulosidade

A regularidade das pressões, dos ventos e das temperaturas é acompanhada por uma humidade relativa constantemente elevada. As massas de ar marítimo que envolvem a ilha de Santiago e dão-lhe, em todo o ano, uma capa de nuvens que se vai tornando mais densa à medida que as temperaturas diárias vão aumentando.

Tendo em conta o período 1982 – 2001, os valores da humidade relativa medidos na Praia, crescem de um mínimo em Fevereiro/Março até um máximo em Setembro; de Outubro a Janeiro decrescem (Tabela 5.2.3.1.). A variação anual da humidade acompanha a da temperatura, como se torna evidente se compararmos os valores observados. Na Praia, para o período considerado, os anos de menor e de maior humidade relativa forneceram as médias diárias 56 a 70% de humidade relativa (Fig. 5.2.3.1.).

Para o resto da ilha, à medida que se sobe para as regiões mais altas no interior, a humidade relativa vai aumentando, diminuindo a temperatura.

tab. 5.2.3.1. Dados observados de maiores valores de humidade relativa média no Aeroporto da Praia (período de 1982–2001)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1982	61	61	64	64	62	66	70	73	76	75	68	65	67
1983	60	50	55	59	61	63	71	**	71	68	69	67	63
1984	68	48	63	62	62	63	70	70	70	68	72	68	65
1986	65	64	62	66	65	69	72	72	78	74	66	69	69
1987	68	63	52	60	59	67	68	76	76	77	68	67	67
1988	67	75	56	64	66	70	78	80	81	68	70	68	70
1989	63	64	63	65	61	63	72	76	74	71	**	65	67
1990	67	53	55	64	63	68	74	78	77	72	68	64	67
1991	65	64	62	63	64	62	70	73	74	64	66	76	67
1992	61	67	60	**	60	65	72	71	73	**	**	68	66
1993	68	59	64	65	62	69	75	76	77	73	67	**	69
1994	62	52	64	61	**	**	**	76	73	70	64	69	66
1995	64	60	66	65	64	65	75	81	77	71	72	72	69
1996	66	68	64	60	63	65	71	79	75	73	68	**	68
1997	65	52	56	65	67	66	69	76	80	70	70	71	67
1998	68	59	56	72	66	**	74	**	**	**	**	**	56
1999	**	63	62	61	**	63	75	77	81	77	67	65	69
2000	67	57	58	63	67	69	71	77	76	**	69	68	67
2001	68	59	54	55	65	70	74	76	77	71	67	72	67
<b>Média</b>	<b>65</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>63</b>	<b>63</b>	<b>66</b>	<b>72</b>	<b>76</b>	<b>76</b>	<b>71</b>	<b>68</b>	<b>68</b>	<b>67</b>

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica – Delegação da Praia.

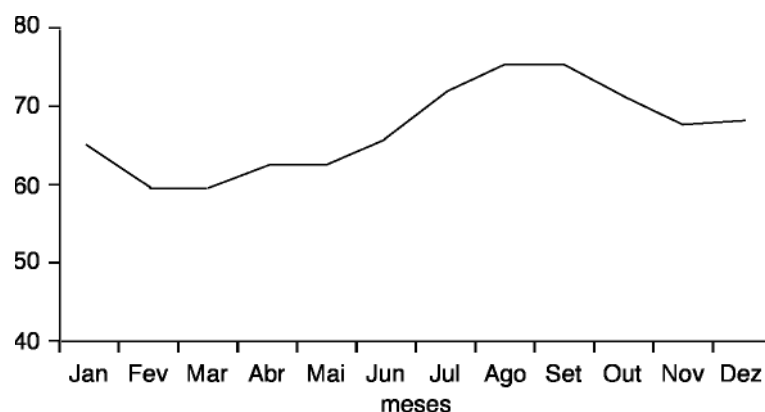


fig. 5.2.3.1. Humidade relativa média mensal da Praia (período de 1982-2001).

Fonte: A. Mota Gomes e A. F. Lobo de Pina, 2004.

## 5.2.4. Insolação e evaporação

### 5.2.4.1. Insolação

Apesar da nebulosidade ser relativamente elevada, a insolação referida no período 1981 – 1998, medida nas estações da Praia, de S. Francisco, de S. Jorge dos Órgãos e de Chão Bom, tornou possível a comparação entre os valores medidos nas quatro estações acima referidas em termos médios mensais e anuais.

Pudemos constatar que foi na estação da Praia que se registou a insolação mais elevada, tendo-se seguidas as estações de S. Francisco, Chão Bom e S. Jorge dos Órgãos, consoante se pode observar nas Tabelas 5.2.4.1.1 a 5.2.4.1.4. e Fig. 5.2.4.1.1.

A insolação passa por um máximo no mês de Maio, diminuindo de seguida até aos meses de Julho/Agosto.

É de destacar, como se pode observar nos respectivos quadros, que a estação da Praia é a que tem maior insolação média por mês, relativamente às outras três estações estudadas.



tab. 5.2.4.1.1. Valores de insolação média (horas) registados no Aeroporto da Praia (1981–1998)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1981	7	6,3	9,7	8,8	9,4	9,3	6,1	7,2	7	7,2	7,1	6,3	7,6
1983	4,6	9,1	7,3	8,8	8,4	8,1	7,6	**	7,1	7,4	7,2	6,5	7,5
1984	6,1	7	8	9,4	8,9	8,4	7,5	7,5	6,6	7,2	6,8	6	7,5
1985	8	7,9	7	8,9	9,9	7,5	5,3	6,2	6,6	7,3	8	4,6	7,3
1986	4	7,9	8,9	8,9	9,7	9,6	7,2	6,7	6,1	6,5	5,2	4,4	7,1
1987	8	9,5	9,1	8,4	7,8	8,6	7,6	6,8	6,8	6,1	6,4	7,9	7,8
1988	6,7	5,7	7,6	10,1	9,6	9,1	5,7	5,6	5,9	**	**	5,7	7,2
1989	6,6	6,2	8,5	9,7	9,9	8,6	6,2	5,6	6,7	5,6	6,7	8,2	7,4
1990	4	7,2	6,8	8,6	10	8,4	7	7,3	7	6,9	6,3	6,5	7,2
1991	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
1992	7,2	7	7,5	7,3	8,4	7,1	6,1	7,2	5,9	6,7	5,3	7	6,9
1993	4,3	7,7	8,1	8,6	8,4	9,1	6,4	6,1	6,7	7,2	5,8	6,3	7,1
1994	6,2	8,3	8,1	8,7	9	8,6	7,6	6,3	5,9	7,6	7,6	5,9	7,5
1995	6,7	7,7	8,1	9,4	10,4	9,5	5,6	6,2	7	7,7	7,1	6,7	7,7
1996	8,5	6,1	7,1	9,1	10,1	9	7,4	6,3	6,6	7,9	6,7	7,9	7,7
1997	5,3	5,1	5,7	9,7	8,5	7,4	7,4	6,6	7,2	8,4	7	7,8	7,2
1998	6,1	9,2	6,7	8,2	8,8	7,5	6,5	6,7	**	**	7,3	4,9	7,2
<b>Média</b>	<b>9</b>	<b>10,7</b>	<b>11,3</b>	<b>13</b>	<b>13,4</b>	<b>12,3</b>	<b>9,7</b>	<b>9,8</b>	<b>9,9</b>	<b>11,1</b>	<b>10,1</b>	<b>9,3</b>	<b>10,7</b>

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica – Delegação da Praia.

tab. 5.2.4.1.2. Valores de insolação média (horas) registados na Estação Meteorológica de São Francisco (1981–1998)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1981	7,1	6,8	9,3	8,4	9	9,7	6,2	7,2	6,5	7,5	7,7	6,4	7,7
1982	7,9	7,8	7,9	8,7	8,3	8,8	7	5,1	6,8	5,9	6,3	4,2	7,1
1983	5,2	9,2	7,3	8,1	7,4	8,3	7	6,3	7,5	6,5	6,8	5,8	7,1
1984	5,4	5,9	7,6	8,6	8,3	7,8	7	6,8	5,7	6,8	6,1	6,1	6,8
1985	7,3	7,6	6,3	8,1	9,2	7,3	4,7	5,6	6	7,3	7,4	3,6	6,7
1986	3,3	7,9	8,3	8,6	9,1	9	6,2	6	5,7	5,8	4,9	4,3	6,6
1987	7,5	8,8	8,4	6,8	6,1	**	7,5	5,9	6,4	6,1	7,1	7,2	7,1
1988	6,1	5,4	6,9	9,6	9	8,3	6,2	5	6,5	7,7	6,4	6,3	7,0
1989	6,7	6,2	6,7	9,1	9,5	8,6	7	6,6	7,2	7,3	7,3	8,6	7,6
1990	5	7,8	7,5	8,7	10	6,8	6,7	7,4	8,2	7,7	7,1	7,3	7,5
1991	6,1	8,4	9	9,8	9,9	6,4	6,1	5,3	6,9	8	8	5,8	7,5
1992	7,5	7,6	8,4	8,2	8,6	6,7	5,3	7	7,6	7,4	6,7	7,6	7,4
1993	5,4	8,4	8,8	9,4	9	9,8	6,9	6,7	7,9	7,9	6,7	7,1	7,8
1994	6,2	7,9	8,4	8,5	8,7	**	**	6,8	7,2	8	8,1	6,2	7,6
1995	6,7	8,9	8,5	9,6	10,7	10	**	**	7	8,4	**	6,7	8,5
1996	8,2	8,1	7,7	9,9	10,4	**	7,7	6,5	7,5	8,6	7,4	5,9	8,0
1997	6	6,1	7,3	10,1	8,2	6,2	7,3	6,8	7,5	8,4	7,5	5,8	7,3
1998	5,8	9,7	6,6	8,4	8,9	8,4	6,7	6,6	5,8	9,1	7,6	4,3	7,3
<b>Média</b>	<b>6,3</b>	<b>7,7</b>	<b>7,8</b>	<b>8,8</b>	<b>8,9</b>	<b>8,1</b>	<b>6,6</b>	<b>6,3</b>	<b>6,9</b>	<b>7,5</b>	<b>7</b>	<b>6,1</b>	<b>7,4</b>

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica – Delegação da Praia.

tab. 5.2.4.1.3. Valores de insolação média registados na Estação Meteorológica de São Jorge dos Órgãos (1981–1998)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1981	**	5,8	**	**	**	8,3	4,3	4,9	4	6,5	6,9	5,8	5,8
1982	6,7	**	6,6	7,4	6,9	8,2	6	2,8	4	4,8	5,8	3,6	5,7
1983	4,7	8,4	6,5	6,4	7,3	7,3	6,8	4,6	5,9	6,9	6,3	4,6	6,3
1984	4,9	5,7	7	7,7	7,6	7	5,7	4,5	4,5	6,2	4,7	4,1	5,8
1985	4,4	6	5,3	6,3	7,5	6,4	3,6	4,3	5,5	7,8	7,1	4,1	5,7
1986	3,6	7,1	7,9	8,9	9,3	9,3	6,2	5,3	4,2	4,8	4,3	3,8	6,2
1987	6,7	8,8	8,5	7,5	7,4	8,4	6,9	5,4	4,9	4	6,2	5,9	6,7
1988	5	5,3	6,9	8,8	8,3	8	4,7	3,1	4,4	6,3	4,3	4,9	5,8
1989	6	5,2	7,9	7,8	9,3	8,9	5,6	5,1	5,2	5,6	4,5	7	6,5
1990	2,9	8	7	6,1	9,1	8,1	6,1	5,8	4,6	6,6	5,1	5,8	6,3
1991	4,9	6,8	7,4	8,7	8,9	8,9	5,9	4	5,2	6,6	6,3	3,6	6,4
1992	6,4	5	7,1	6,7	8	8,7	5,5	5	4,7	6	6,1	5,3	6,2
1993	4,3	6,4	7,4	8,2	9	9,2	5,6	4,9	4,9	6,3	2,9	6,5	6,3
1994	5,4	8,3	7,6	9,1	7,4	9	5,9	4,9	5	5,9	6,8	5,5	6,7
1995	6,2	8,1	6,9	7,5	9,9	9,5	3,9	5,1	3,7	6,9	6,7	4,3	6,6
1996	6,4	5,8	6,6	8,7	8,9	8,6	6,9	4,5	4,9	7,4	6,6	5,6	6,7
1997	5	6,5	6,4	8,7	8,1	8,2	6,5	5,1	4,8	6,9	6,5	7,4	6,7
1998	6	9,4	6,7	7,2	8,7	8,6	6,6	5,1	3,8	7,9	7,4	5,1	6,9
<b>Média</b>	<b>5</b>	<b>6,9</b>	<b>7</b>	<b>7,7</b>	<b>8,3</b>	<b>8,4</b>	<b>5,7</b>	<b>4,7</b>	<b>4,7</b>	<b>6,3</b>	<b>5,8</b>	<b>5,2</b>	<b>6,3</b>

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica – Delegação da Praia.

tab. 5.2.4.1.4. Valores de insolação média registados na Estação Meteorológica de Chão Bom (1981–1998)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1981	6,6	6,6	9,5	8	7,2	8	4,8	5,4	5,8	6,2	5,7	6,6	6,7
1982	7,5	7	7,5	8,1	5,8	5,8	5	3,5	5,1	4,6	6,4	4,1	5,9
1983	3,5	8,7	6,8	7,3	5,2	3,4	2,8	4,6	6,3	6,8	6,4	5,5	5,6
1984	5,4	**	8	7,6	7,5	6,6	5,5	5,7	5,4	5,7	5,8	4,9	6,2
1985	7,2	6,7	5,6	7,5	7,1	5,4	4,3	5,5	5,8	6,6	7,2	3,6	6
1986	3,2	7,1	7,3	3	3,6	3,6	5,8	3,7	5,4	5,7	5,3	3,9	4,8
1987	7	9,1	9,5	6,8	5,8	7,7	5,9	6,3	6,1	6	6,7	7,1	7
1988	5,7	5,1	7,8	9,2	8,1	7,5	5,1	5	6,1	7,8	6,3	5,3	6,6
1989	6,2	5,3	8	8,1	9	7,9	6,4	7,4	6,9	7,2	**	**	7,2
1990	4,7	8,1	**	8,6	8	7,4	6,1	7,1	6,6	6,5	7	7,3	7
1991	6,2	7,5	9,1	9,7	8,5	7,8	5,2	**	**	7,9	7,3	5,3	7,5
1992	7,3	7,5	7,3	7,6	6,9	7,5	5,2	6,6	6,7	6,8	6,5	7,1	6,9
1993	4,9	6,8	**	**	7,6	8,1	6	5,8	**	7,6	6,6	6,3	6,6
1994	6,1	7,8	7,9	8	7,3	**	**	6,6	6,4	7,9	7,8	6,3	7,2
1995	5,5	7,6	8,1	**	8,5	**	**	**	**	**	**	**	7,4
1996	**	**	**	9,2	**	**	**	5,4	6,2	6,2	7,1	7,5	6,9
1997	**	4	**	7,7	4,6	3,3	5,2	5,3	**	**	5,8	1,8	4,7
1998	**	**	**	9,3	8,5	**	**	**	**	10,8	5,6	4,9	7,8
<b>Média</b>	<b>5,8</b>	<b>7</b>	<b>7,9</b>	<b>7,9</b>	<b>7</b>	<b>6,4</b>	<b>5,2</b>	<b>5,6</b>	<b>6,1</b>	<b>6,9</b>	<b>6,5</b>	<b>5,5</b>	<b>6,6</b>

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica – Delegação da Praia.

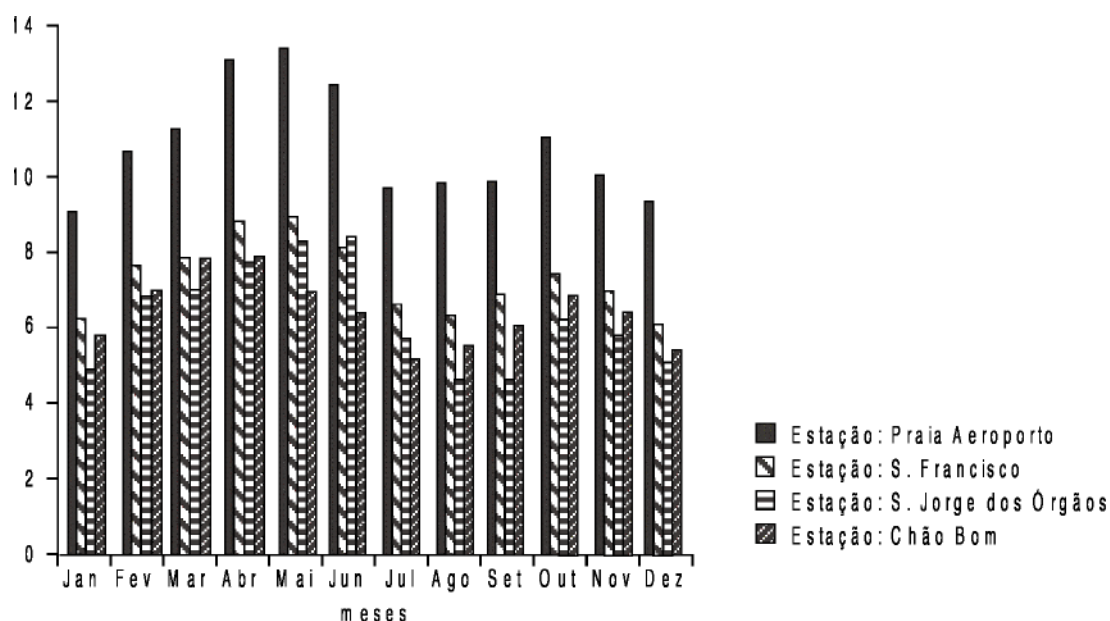


fig. 5.2.4.1.1. Insolação Média Mensal da Praia, S. Francisco, S. Jorge dos Órgãos e Chão Bom (período de 1981–1998).

Fonte: A. Mota Gomes e A. F. Lobo de Pina, 2004.

#### 5.2.4.2. Evaporação

Os registos da evaporação apresentam valores muito elevados, devendo-se salientar que os registos das estações de S. Francisco e Chão Bom, em que os valores são muito mais altos que aqueles registados pela estação de S. Jorge dos Órgãos.

A evaporação elevada e uma precipitação demasiado baixa, conferem à ilha e, de uma maneira geral, ao arquipélago, a nota de aridez que apenas nas zonas de maior altitude se consegue atenuar (Tabela 5.2.4.2.1. a 5.2.4.2.3.).

Para as três estações de Santiago – S. Francisco, S. Jorge dos Órgãos, Chão Bom, a Evaporação do Piche Total – Média Mensal de S. Francisco, S. Jorge dos Órgãos e Chão Bom (período de 1981–2001) está ilustrada na Fig. 5.2.4.2.1. Pode-se observar que a evaporação diminui com a altitude e que os valores mínimos ocorrem no mês de Setembro, enquanto que os valores máximos são observáveis no mês de Maio para a estação de S. Francisco e para o mês de Março para as estações de S. Jorge dos Órgãos e Chão Bom. Deve-se ressaltar que os mínimos registados coincidem com as estações das chuvas enquanto que os valores máximos correspondem à estação seca (Fig. 5.2.4.2.2.)

tab. 5.2.4.2.1. Registo de evaporação em mm pelo método de Piche na Estação de S. Francisco (1961–2001)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1981	120,2	161,3	221	252,1	277,9	**	92,7	91,6	77,8	146,1	111,1	131,6	1.683,40
1982	123,4	219	139,1	260,4	256,3	261,9	89,9	76,1	111,2	116,6	104,2	150,5	1.908,60
1983	157,6	123	177,6	141,8	185,2	247,7	89,1	195,4	224,8	200,8	205,5	178,6	2.127,10
1984	167,9	171,6	236,7	257	258,8	232,9	215,7	152,1	118	146,7	147,3	111	2.215,70
1985	128	138,7	135,9	112,3	143,5	153,5	136,1	169,4	125,5	129,1	191,8	209,1	1.772,90
1986	102,4	179,1	223,4	151,3	186,8	168,6	123,1	137,5	100,3	134,8	145,3	114,4	1.767,00
1987	195,8	137,9	139,8	183,6	181,8	**	142,4	87,1	91,4	106,3	148,8	181,2	1.596,10
1988	175	125,3	170,3	160,2	139,5	127,7	85,3	68,6	82,1	146,6	115,7	116,4	1.512,70
1989	121,1	108,4	97,1	106,8	121,7	114,6	137,6	95,4	113,7	90,7	149,6	85,1	1.341,80
1990	73,2	85,8	99,1	129,7	196,2	115,6	118,8	**	115,7	142,3	114,8	141,2	1.332,40
1991	150,6	148,9	150,7	192,2	146,5	169,1	130	111,5	100,3	159,8	106,7	141,1	1.707,40
1992	**	144,3	153,1	156,3	219,3	126,9	111,8	120,6	104,1	122,4	131	134,3	1.524,10
1993	122,6	142,9	137,9	131,2	149,6	128	90,6	88,2	100,9	152,1	97,4	107	1.448,40
1994	109	140,4	144,7	118,3	142,1	128,5	100,7	102,7	99,1	118,7	103,8	91,4	1.399,40
1995	93,2	79,7	112,6	125	116,2	109,7	85,6	**	79,8	95	115,5	90,6	1.102,90
1996	138	107,8	137,4	167,2	321,1	**	104,5	85,1	95,4	100,4	109,5	116	1.482,40
1997	134,7	193,6	167,2	156,9	134,7	136,1	109,5	97,1	77,1	112	94,1	78,5	1.491,50
1998	102,4	160,6	178,3	123	134,2	126,9	114,7	94,4	78	131,4	**	127,3	1.371,20
1999	131,4	102,9	144,1	174,2	171,7	150,1	94,6	87,3	73,5	91,9	100,3	139	1.461,00
2000	147,9	158,7	179,2	158,2	159	133,2	125,9	106,1	86,4	92,4	93,4	118,3	1.558,70
2001	116,6	155,5	181,4	141,4	136,7	**	110,5	115,3	111,3	152,4	124,6	102,9	1.448,60
<b>Média</b>	<b>130,6</b>	<b>142,2</b>	<b>158,4</b>	<b>161,9</b>	<b>179,9</b>	<b>154,8</b>	<b>114,7</b>	<b>109,6</b>	<b>103,2</b>	<b>128</b>	<b>125,5</b>	<b>126,9</b>	<b>1.583,50</b>

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica – Delegação da Praia.

tab. 5.2.4.2.2. Registo de evaporação em mm pelo método de Piche na Estação de S. Jorge dos Órgãos (1961–2001)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1981	95,3	100,3	117,2	**	**	141,3	134	151,5	120	98	98,1	111,1	1.166,80
1982	133,7	**	130,9	141,7	118,5	139,2	134,5	87,2	101,6	115,6	139	112,5	1.354,40
1983	105	126,4	132,2	110,3	154,7	145,3	136,1	110	126,2	138	133,7	125,8	1.543,70
1984	129,5	117,8	156,5	141,5	150,1	131,1	143,1	67	65,9	73,6	67,6	60	1.303,70
1985	84,9	98,8	104,5	102,8	94,1	97,3	56,4	46,4	43,4	92,8	87	76,8	985,2
1986	73	77,1	89,5	104,6	105,6	82,2	64	56	32,1	38	61,6	67,3	851
1987	92,9	68,1	137,3	103	102,2	86,1	71,4	45,6	41,7	31,5	61,5	80,2	921,5
1988	69,6	40,7	117,7	102,3	97,2	63,9	57,5	36,1	40,2	77,9	45,8	55,7	804,6
1989	95,8	63,6	85,2	67	126,8	120,6	71,3	73,9	53	73,1	70,6	90,2	991,1
1990	83,7	136,6	133,2	84,4	100,2	82,1	60,1	74,7	40,5	58,6	67	74	995,1
1991	78,1	77,8	85,5	113,8	96	95,1	84,7	63,9	52	50,9	82,7	47,4	927,9
1992	71,1	55,7	108,3	91,7	111	103,1	59,3	56,7	36,5	30,6	84,8	76,2	885
1993	62,8	65,1	79,7	81,1	116,3	80,9	66,5	66,8	51,6	64,1	59,5	66,9	861,3
1994	89	114,8	95,9	104,5	101,5	96,4	69,4	63,5	69,1	75,7	95,8	80	1.055,60
1995	69,3	104,5	74,7	73,2	112,9	101,8	68,4	64,5	35,9	80	80,1	60,4	925,7
1996	95,7	75,9	104,8	127,1	112,7	91,8	75,3	48	62,5	86,3	90,4	95,2	1.065,70
1997	101,2	125,3	142,1	106,5	98,2	92	76	61,7	44,4	81,5	69,8	86,7	1.085,40
1998	105,5	141,6	144	89,9	92,9	98,1	78,4	62,1	38,7	64,8	92,5	80,1	1.088,60
1999	87	81,1	90,1	139,5	145,4	111,3	52	37,9	30,5	39,3	51,2	70,5	935,8
2000	74,8	103,3	163	102,8	88	88,8	73,2	47,1	35,1	27,9	62,4	72,4	938,8
2001	86,2	126,6	143,7	115,1	104,3	88	66,4	40	33,3	58,1	54,5	53,7	969,9
<b>Média</b>	<b>89,7</b>	<b>95,1</b>	<b>116</b>	<b>105,1</b>	<b>111,4</b>	<b>101,7</b>	<b>80,9</b>	<b>64,8</b>	<b>55</b>	<b>69,3</b>	<b>78,8</b>	<b>78,2</b>	<b>1031,3</b>

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica – Delegação da Praia

tab. 5.2.4.2.3. Registo de evaporação em mm pelo método de Piche na Estação de Chão Bom (1961–2001)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1981	166,8	208,3	220,9	225,7	183,3	176,9	158,4	155,4	135,8	166,4	157	184,9	2.139,80
1982	231,3	195,3	231,1	242	179,7	175,2	156,3	107,5	154,1	142,3	192,9	128,3	2.136,00
1983	107,7	243,4	210,2	218,7	162,1	101,8	86,7	143,2	190,2	208,9	193,2	169,2	2.035,30
1984	168,7	**	247,4	227,6	231,9	208,5	169,7	177,3	135	129,6	123,3	153,3	1.972,30
1985	131,1	182,5	125,6	98	120,2	129,8	128,6	115,7	120,7	163,8	174,7	191,6	1.682,30
1986	187,1	131,5	227,7	91,5	111,2	108,3	126	113,9	82	91,3	128	92,3	1.490,80
1987	111,9	138,3	127,3	89,9	117,6	88,5	107,7	79,5	72,4	87,2	110,8	129,7	1.260,80
1988	126,1	80,2	94,6	106,4	50,2	91,9	97,3	75,3	61,3	88,7	79	70,9	1.021,90
1989	102,8	99,9	106	88,8	120,2	116,3	108,3	102,5	87,2	108,4	**	**	1.040,40
1990	92,2	185,3	**	129,3	130	122,4	112,6	103,6	84,9	93,4	191,4	138,7	1.383,80
1991	127,3	133,2	142,3	124,6	136	112,6	109,3	**	**	108,1	117,4	105,9	1.216,70
1992	107,8	118,5	150,6	148,7	134	133,4	153,3	134,9	160	109	95,6	114,3	1.560,10
1993	105,8	108,4	119,9	102,7	117,4	136,8	123,4	112,5	**	98,4	90,5	88,6	1.204,40
1994	90,6	85,9	107,4	106,5	115,4	109,2	116,5	116,7	104,8	114,7	126,3	112,8	1.306,80
1995	118,4	116,8	138,1	122,1	132,9	135,8	127,2	132,7	127,2	120,5	**	**	1.271,70
1996	**	**	**	**	**	134,7	141,1	**	121,4	134,8	**	152,4	684,4
1997	**	122,4	137,1	134,6	140,2	127,7	136	120,1	127,4	123,8	124,4	125,1	1.418,80
1998	118,8	**	**	112,7	133,2	126,8	102,8	**	109,5	**	111,2	**	815
1999	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	
2000	110,1	104,4	117,7	113,6	118,5	122,9	114,8	111,6	**	111,3	103,2	117,5	1.245,60
2001	102,5	101,2	110,5	106,2	121,9	**	131,7	121	**	**	124,1	130,6	1.049,70
<b>Média</b>	<b>128,2</b>	<b>138,6</b>	<b>153,8</b>	<b>136,3</b>	<b>134,5</b>	<b>129,4</b>	<b>125,4</b>	<b>119</b>	<b>117,1</b>	<b>122,3</b>	<b>131,9</b>	<b>129,8</b>	<b>1.459,40</b>

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica – Delegação da Praia

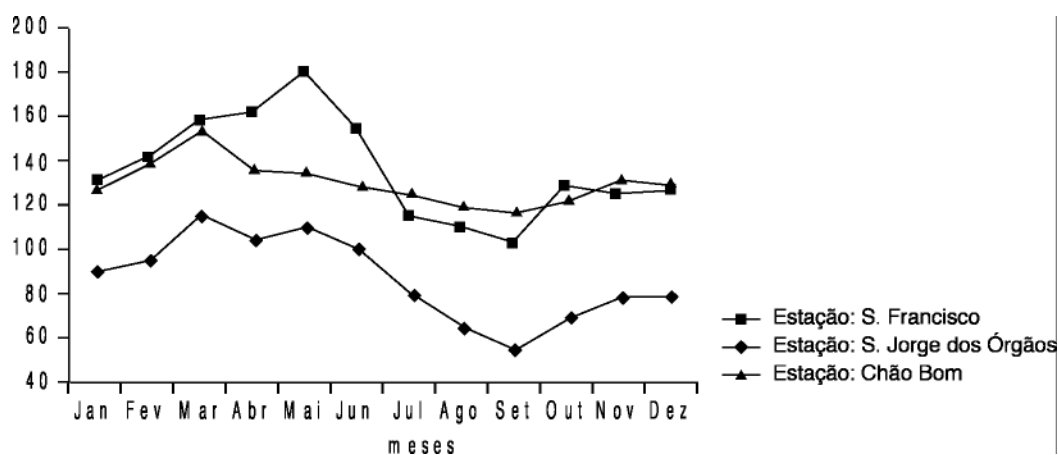


fig. 5.2.4.2.2. Evaporação do Piche Total – Média Mensal de S. Francisco, S. Jorge dos Órgãos e Chão Bom (período de 1981–2001).

Fonte: A. Mota Gomes e A. F. Lobo de Pina, 2004.

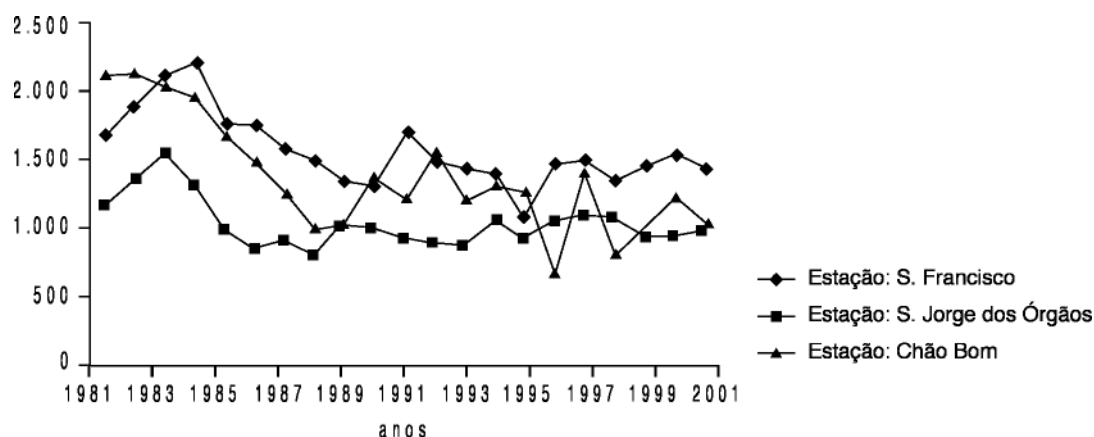


fig. 5.2.4.2.3. Evaporação do Piche Total de S. Francisco, S. Jorge dos Órgãos e Chão Bom (período de 1981–2001).

Fonte: A. Mota Gomes e A. F. Lobo de Pina, 2004.

### 5.3.4.3. Chuvas: Regime e Distribuição

A constância das temperaturas e das pressões, a humidade atmosférica relativamente elevada, a regularidade do alísio, permitiriam pensar que as chuvas em Santiago (como no resto do arquipélago) fossem muito regulares. Junte-se a isto o facto de o arquipélago ser “visitado” durante a época das chuvas (Agosto a Outubro) por uma das massas de ar mais pluviogénicas que se conhecem (a monção do Atlântico Sul), até mesmo nos anos de maior crise (Fonseca, 1967). Todavia, as precipitações são, pelo contrário, o elemento mais caprichoso do clima. A um ano de boas chuvas pode suceder um ano muito seco; num determinado mês o valor da precipitação pode variar do simples ao triplo, correndo as águas nos leitos normalmente secos, arrastando com a sua espantosa impetuosidade todos os obstáculos. Isto dura um número pequeno de dias. Duas áreas vizinhas, muito embora possam ter condições geográficas semelhantes, podem registar alturas pluviométricas muito diferentes. E, não raras vezes, o habitante das ilhas vê, com grande tristeza, chover no mar, sem que uma gota de água venha dessedentar a terra seca, onde as culturas começam a estiolar-se.

A brusquidão das chuvas e a sua violência, adicionadas à sua irregularidade, criam um contraste vigoroso com a monotonia dos outros elementos do clima. É difícil, para Santiago, falar em médias de precipitação, porquanto são muito variáveis os totais, quer mensais quer anuais, de uma mesma estação. Para a Praia, a curva dos valores de precipitação (chuvas) medidas de 1961 a 2002 (Fig. 5.2.4.3.1.) e (Tabela 5.2.4.3.1.) mostra as enormes variações de ano para ano, correspondendo 402,3mm em 1975 e 13,2 mm em 1972 aos limites extremos dessa variação.

A comparação entre um ano de crise (1972), por ter caído uma quantidade ínfima de chuva na época Junho – Outubro, e um ano de boas chuvas (1975), é bastante expressiva (Fig. 5.2.4.3.2.).

O problema das chuvas está intimamente ligado ao grau de instabilidade das massas de ar. Daí a grande irregularidade das alturas de águas anuais. As massas de ar quente e húmido, próximas do ponto de orvalho, são extremamente sensíveis ao menor movimento ascendente, de origem térmica ou dinâmica. De certo modo, isto pode explicar o carácter caprichoso e irregular da precipitação: uma queda de água pode molhar uma determinada área ou localidade, enquanto a área ou localidade vizinha pode não receber uma única gota de água (Fig. 5.2.4.3.3. e Tabela 5.2.4.3.2.).

tab. 5.2.4.3.1. Pluviometria (mm) total mensal e anual registada no Aeroporto da Praia (1961–2002)

Ano	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Média
1961	0,6	0	0,5	0	0	0	10,7	99,1	47,8	0,9	0	0	159
1962	0	2,7	0	0	0	0	0	177,7	102,1	19,3	17,4	0	319,2
1963	0	2,6	0	0	0	0	3,7	146,3	6,4	40,6	2,6	0	202,2
1964	4	0	0	0	0	0	82	16,3	80,4	0	0	0	178,7
1965	0	0	0	0	0	0	2	40,6	60,7	55,2	3,6	0	162,1
1966	0	0	0	0	0	0	0	70,4	64,1	105,7	18,5	0	258,7
1967	1	0	0	0	0	0	0	62,8	259,5	0	0	0	322,3
1968	0	0	0	0	0	0	0,2	1	80,8	20,4	0,8	0,7	103,9
1969	0	0	0	1	0	0	26	46,9	162,1	35,2	0	0	271,2
1970	0	1,7	0	0	0	0	1,3	**	4,2	0	0	0	7,2
1971	0	6,8	0	0	0	0	0	92,1	11,3	15,4	0	0	125,6
1972	0	0	1,3	0	0	0	0	0,7	8,5	1,8	0,2	0,7	13,2
1973	0	2,6	0	0	0	0	0	13,9	18,6	6,4	0	0	41,5
1974	0	0	0	0	0	0	0	4,8	78,7	20,5	0	0	104
1975	6,9	0	0	0	0	0	13,6	115	270,2	3,5	0	0	402,3
1976	0	0,8	0,4	0	0	0	0	24,3	90,7	9,6	0	4,2	130
1977	0	0	0	0	0	0	0	16,5	0	0	0	5,1	21,6
1978	0	0	0	0	0	0	0	0,7	69,8	5,2	0	5	80,7
1979	0	0	0	0	0	0	41,5	94,2	**	131	0	0	266,7
1980	0	1,9	0	0	0	0	1,9	134,3	60,1	5,9	17,2	8,9	230,2
1981	5,4	0	0	0	0	0	11,2	32,5	28,3	0	0	1,6	73,6
1982	27	0	0	0	0	0	0	49,1	6,1	1,8	0,4	0	57,4
1983	5,1	0	0	0	0	0	0,1	7	43,4	0	0	0	50,5
1984	0	0	0	0	0	0	12,9	1,9	133,5	1	6,3	20	175,6
1985	0	0	0	0	0	0	3	17,1	79,1	0	0	4,8	104
1986	2,8	3,1	0	0	5,9	0	1,8	73,7	29,5	75,8	0,5	0	190,3
1987	0	0	0	0	0	0	0	129,5	69,9	122,5	0	0	321,9
1988	0	0	0	0	0	0	0	109,4	82,9	0	7	0	199,3
1989	0	0	0	0	0	0	0	68,9	12,1	23,6	3	0	107,6
1990	0	0	0	0	0	0	56,4	13,4	80,4	91,5	0	0	241,7



tab. 5.2.4.3.1. (continuação) Pluviometria (mm) total mensal e anual registada no aeroporto da Praia (1961–2002)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1991	0	0	0	0	0	0	1,8	22,6	14,2	7,2	0	0	45,8
1992	0	0	0	0	8,5	0	6,9	0,9	17,6	65,3	13,1	0	112,3
1993	15,9	0	0	0	0	0	13,1	52	43,7	0	0	0	108,8
1994	0	0	0	0	0	0	0	21,3	9,1	1,5	0	0,7	32,6
1995	0	0	0	0	0	0	11,6	78,8	111	11,2	0	121,4	334
1996	1,4	0	0	0	0	0	0	8,1	3	3	2,3	0	16,4
1997	0,5	0	0	0	0	0	0,4	96,3	55,9	1,4	0	0	154
1998	0	0	1,8	0,5	0	0	1,2	11,9	28,6	0	0	1,8	45,8
1999	0	0	0	0	0	0	3,7	67,5	94,9	50,4	0	0	216,5
2000	0	0	0	0	0	0	1	29,7	81,4	155,2	0,1	0	267,4
2001	0	0	0	0	0	0	13,2	41,1	29,2	4,1	0	0	87,6
2002	0	0	0	0	0	0	0	8	20,9	12,3	0	0	41,2

\*\* Dados não disponíveis

\* Total parcial

Fonte: INMG – Delegação da Praia

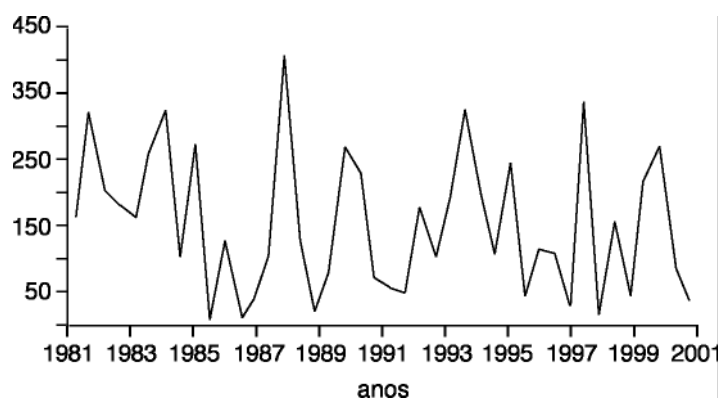


fig. 5.2.4.3.1. Distribuição Anual Média da Precipitação [mm] na Praia (período de 1961–2002).

Fonte: A. Mota Gomes e A. F. Lobo de Pina, 2004.

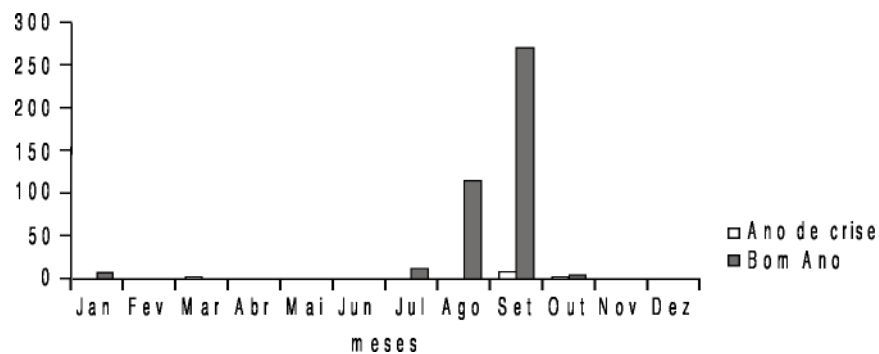


fig. 5.2.4.3.2. Distribuição Mensal da Precipitação [mm] em 1972 (ano de "crise") e ano de 1975 (bom ano) na Praia.

Fonte: A. Mota Gomes e A. F. Lobo de Pina, 2004.

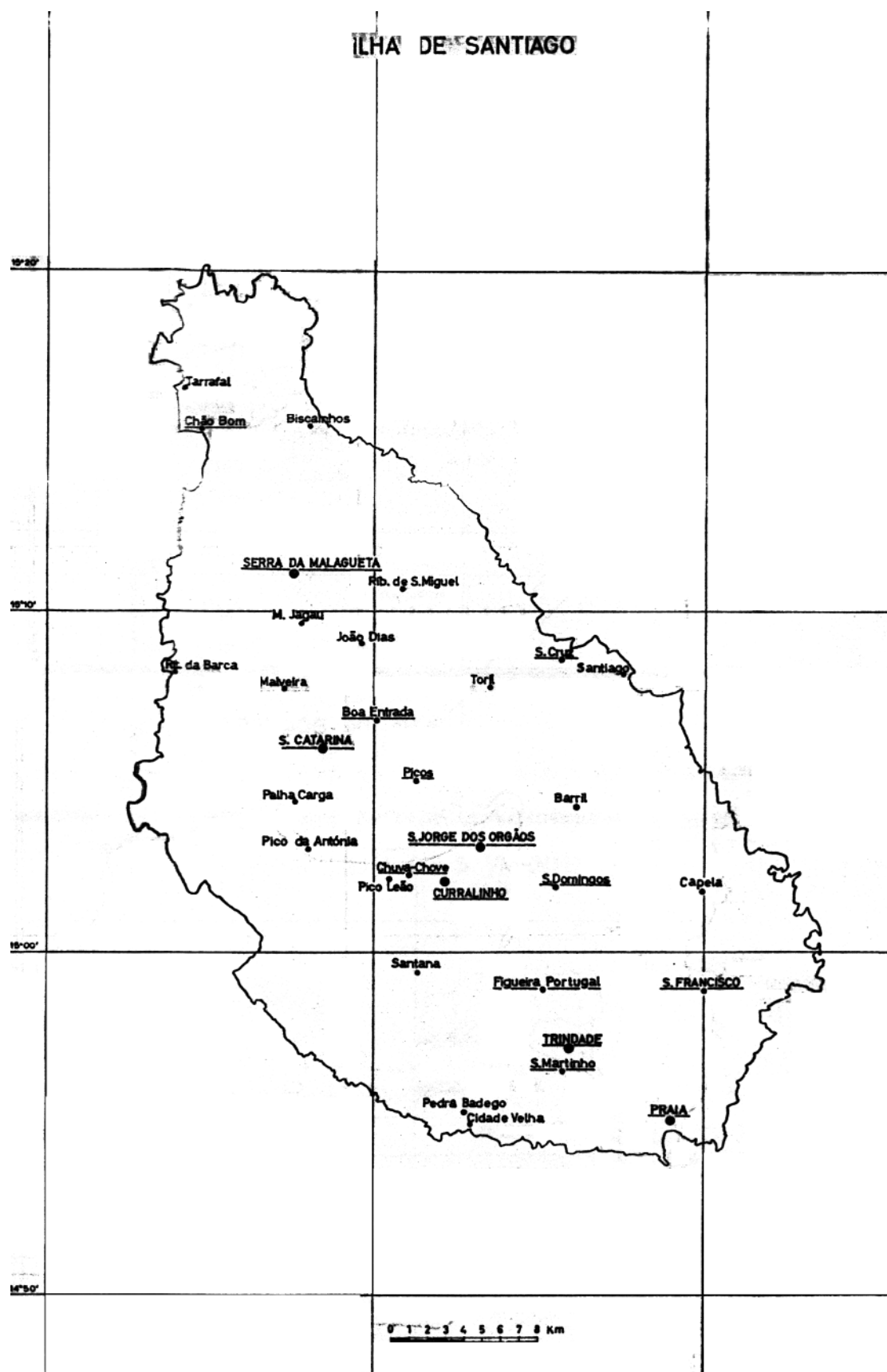


fig. 5.2.4.3.3. Estabelecimentos Meteorológicos da ilha de Santiago.

Fonte: Cunha, F. Reis – Garcia de Orta (Lisboa) vol. 10 (n.º 1): 191–205, 1962.

tab. 5.2.4.3.2. Estações e Postos Meteorológicos da ilha de Santiago, Cabo Verde

Local	Lat. N	Long. W	Altitude
<b>SANTIAGO:</b>			
Tarrafal	15° 17`	23° 46`	8
*Chão Bom	15° 17`	23° 46`	20
Biscainhos	15° 15`	23° 42`	300
*Serra Malagueta	15° 11`	23° 43`	850
Monte Jagau	15° 10`	23° 42`	711
João Dias	15° 09`	23° 40`	300
Ribeira da Barca	15° 08`	23° 46`	10
Malveira	15° 08`	23° 41`	500
Toril	15° 08`	23° 36`	200
*Santa Cruz	15° 08`	23° 35`	100
Santiago	15° 08`	23° 32`	22
*Boa Entrada	15° 06`	23° 40`	600
Palha Carga	15° 05`	23° 42`	500
*Santa Catarina	15° 05`	23° 41`	555
*Picos	15° 05`	23° 38`	470
Barril	15° 04`	23° 34`	250
Pico da Antónia	15° 03`	23° 38`	700
*S. Jorge dos Órgãos	15° 03`	23° 37`	319
Pico Leão	15° 02`	23° 40`	500
*Curralinho	15° 02`	23° 38`	950
*S. Domingos	15° 02`	23° 34`	215
Capela	15° 02`	23° 30`	60
*Chuva Chove	15° 02`	23° 39`	650
Santana	15° 59`	23° 39`	400
*Figueira Portugal	15° 59`	23° 35`	373
*S. Francisco	15° 59`	23° 30`	100
*Trindade	15° 57`	23° 34`	280
*S. Martinho	15° 57`	23° 34`	160
Pedra Badejo	15° 55`	23° 37`	120
Cidade Velha	15° 55`	23° 37`	20
*Praia	15° 54`	23° 31`	27
Ribeira de S. Miguel	15° 11`	23° 39`	200?

Fonte: Cunha, F. Reis – Garcia de Orta (Lisboa) vol. 10 (n.º 1): 191–205, 1962

Como todas as ilhas montanhosas, Santiago apresenta variações de regime de chuvas que vão da aridez do litoral às zonas húmidas das grandes altitudes; no primeiro caso a irregularidade das chuvas é muito mais importante que no segundo, onde, apesar de tudo, o processo convectivo desenvolvido no interior das massas de ar provoca a condensação da humidade nelas contida. A posição da ilha em relação aos ventos dominantes é outro factor importante na distribuição da precipitação. Em Santiago não há dúvida de que a costa Leste, aberta à penetração dos alísios, que se

carregam de humidade à medida que avançam sobre o oceano, é muito mais húmida que a costa Oeste. As massas de ar, ao ascenderem pelas vertentes dos maciços da Malagueta e do Pico da Antónia condensam, dão origem a precipitações orogénicas. Mas estas massas de ar, já têm características diferentes quando descem pelas vertentes voltadas para o Ocidente e já não originam precipitações. Desta diferença dão-nos conta os gráficos acima referidos onde estão representadas as curvas referentes às medições da precipitação em diversas estações: de litoral (Praia e Chão Bom), de interior de vale, na parte Leste da ilha e na base do maciço do Pico da Antónia (Trindade e S. Jorge), de altitude (St<sup>a</sup> Catarina, Malagueta e Curralinho) e de Sotavento (Chuva Chove). De uma maneira geral, choveu nos meses de Julho a Outubro, tendo-se prolongado em algumas estações até Dezembro; nos pontos altos a estação das chuvas começou um pouco mais cedo (Fig. 5.2.4.3.4) e (Tabela 5.2.4.3.3). Na passagem de Outubro para Novembro a diminuição dos valores é muito grande, reduzindo-se as alturas das colunas a cerca de  $\frac{1}{4}$ . A estação seca é particularmente marcada de Março a Junho, com médias mensais, na maior parte das vezes, de valor absoluto nulo. As estações do litoral e a da Trindade apresentam uma precipitação total que é inferior a 300mm; nas estações de grande altitude, da Malagueta e do Curralinho, a precipitação total ascende aos 818mm. A média mensal máxima vai desde 84mm na estação da Praia (Setembro) a 765mm na da Malagueta (Outubro).

Estas médias não devem fazer esquecer a grande irregularidade do regime de chuvas em Cabo Verde. É difícil ou mesmo impossível prever a data do início das chuvas e, da mesma forma, a data em que elas terminam. Em zonas como Cabo Verde, onde a agricultura está inteiramente dependente do regime das precipitações, e por não haver outras actividades económicas, toda a vida da população fica na dependência da quantidade de chuva caída e da sua distribuição espacial e temporal, o problema tem ainda maior acuidade (Fig. 5.2.4.3.4).

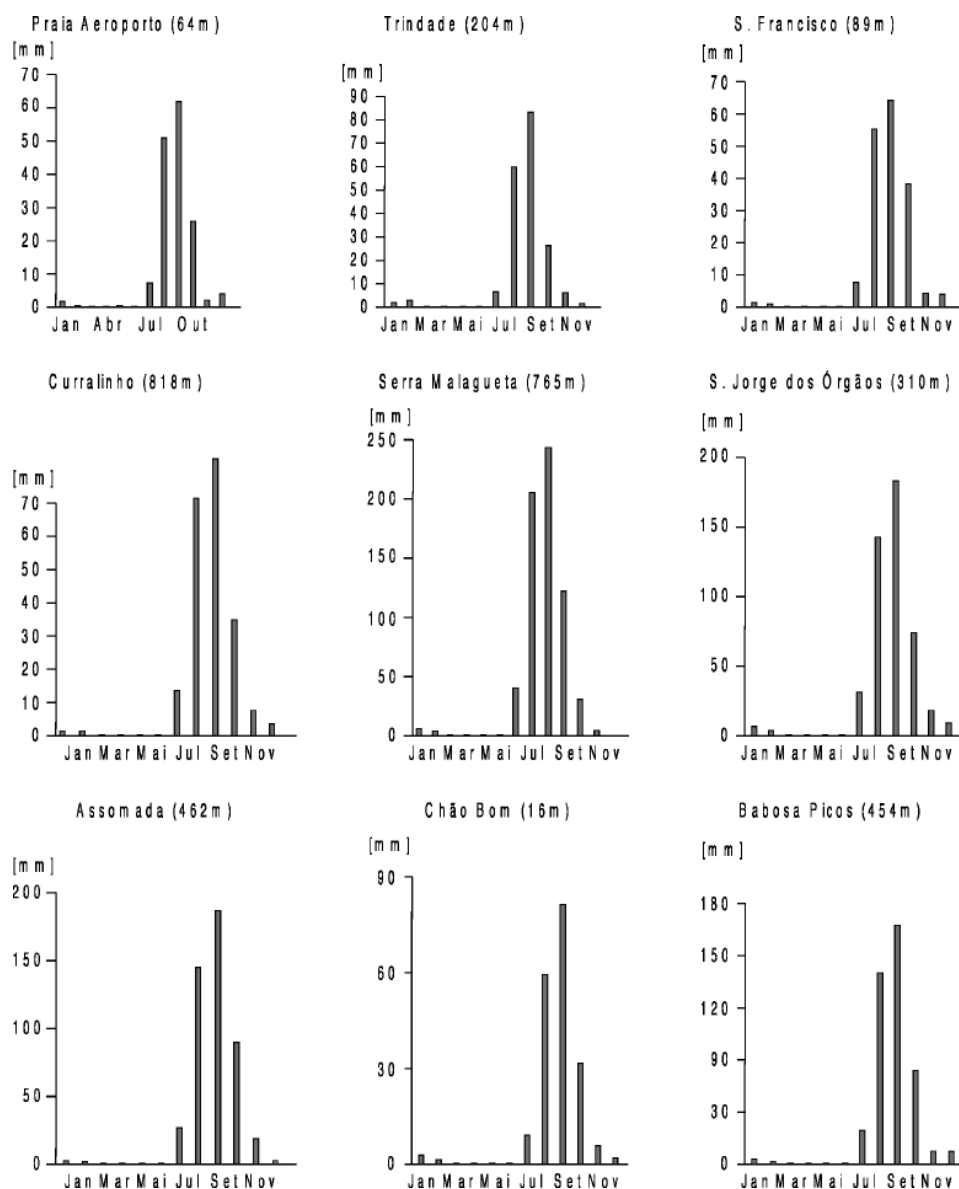


fig. 5.2.4.3.4. Distribuição mensal da precipitação em diversas estações de Santiago (período de 1961–2002)

Fonte: A. Mota Gomes e A. Lobo de Pina, 2004.

tab. 5.2.4.3.3. Pluviometria (mm) total mensal e anual (Aeroporto da Praia, 1961–2002)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1961	0,6	0	0,5	0	0	0	10,7	99,1	47,8	0,9	0	0	159,6
1962	0	2,7	0	0	0	0	0	177,7	102,1	19,3	17,4	0	319,2
1963	0	2,6	0	0	0	0	3,7	146,3	6,4	40,6	2,6	0	202,2
1964	4	0	0	0	0	0	82	16,3	80,4	0	0	0	182,7
1965	0	0	0	0	0	0	2	40,6	60,7	55,2	3,6	0	162,1
1966	0	0	0	0	0	0	0	70,4	64,1	105,7	18,5	0	258,7
1967	1	0	0	0	0	0	0	62,8	259,5	0	0	0	323,3
1968	0	0	0	0	0	0	0,2	1	80,8	20,4	0,8	0,7	103,9
1969	0	0	0	1	0	0	26	46,9	162,1	35,2	0	0	271,2
1970	0	1,7	0	0	0	0	1,3	**	4,2	0	0	0	7,2
1971	0	6,8	0	0	0	0	0	92,1	11,3	15,4	0	0	125,6
1972	0	0	1,3	0	0	0	0	0,7	8,5	1,8	0,2	0,7	13,2
1973	0	2,6	0	0	0	0	0	13,9	18,6	6,4	0	0	41,5
1974	0	0	0	0	0	0	0	4,8	78,7	20,5	0	0	104
1975	6,9	0	0	0	0	0	13,6	115	270,2	3,5	0	0	409,2
1976	0	0,8	0,4	0	0	0	0	24,3	90,7	9,6	0	4,2	130
1977	0	0	0	0	0	0	0	16,5	0	0	0	5,1	21,6
1978	0	0	0	0	0	0	0	0,7	69,8	5,2	0	5	80,7
1979	0	0	0	0	0	0	41,5	94,2	**	131	0	0	266,7
1980	0	1,9	0	0	0	0	1,9	134,3	60,1	5,9	17,2	8,9	230,2
1981	5,4	0	0	0	0	0	11,2	32,5	28,3	0	0	1,6	79
1982	27	0	0	0	0	0	0	49,1	6,1	1,8	0,4	0	84,4
1983	5,1	0	0	0	0	0	0,1	7	43,4	0	0	0	55,6
1984	0	0	0	0	0	0	12,9	1,9	133,5	1	6,3	20	175,6
1985	0	0	0	0	0	0	3	17,1	79,1	0	0	4,8	104
1986	2,8	3,1	0	0	5,9	0	1,8	73,7	29,5	75,8	0,5	0	193,1
1987	0	0	0	0	0	0	0	129,5	69,9	122,5	0	0	321,9
1988	0	0	0	0	0	0	0	109,4	82,9	0	7	0	199,3
1989	0	0	0	0	0	0	0	68,9	12,1	23,6	3	0	107,6
1990	0	0	0	0	0	0	56,4	13,4	80,4	91,5	0	0	241,7
1991	0	0	0	0	0	0	1,8	22,6	14,2	7,2	0	0	45,8
1992	0	0	0	0	8,5	0	6,9	0,9	17,6	65,3	13,1	0	112,3
1993	15,9	0	0	0	0	0	13,1	52	43,7	0	0	0	124,7
1994	0	0	0	0	0	0	0	21,3	9,1	1,5	0	0,7	32,6
1995	0	0	0	0	0	0	11,6	78,8	111	11,2	0	121,4	334
1996	1,4	0	0	0	0	0	0	8,1	3	3	2,3	0	17,8
1997	0,5	0	0	0	0	0	0,4	96,3	55,9	1,4	0	0	154,5
1998	0	0	1,8	0,5	0	0	1,2	11,9	28,6	0	0	1,8	45,8
1999	0	0	0	0	0	0	3,7	67,5	94,9	50,4	0	0	216,5
2000	0	0	0	0	0	0	1	29,7	81,4	155,2	0,1	0	267,4
2001	0	0	0	0	0	0	13,2	41,1	29,2	4,1	0	0	87,6
2002	0	0	0	0	0	0	0	8	20,9	12,3	0	0	41,2
	1,681	0,529	0,095	0,036	0,343	0	7,648	51,18	62,21	26,3	2,214	4,164	

\*\* Dados não disponíveis

Fonte: INMG – Delegação da Praia

tab. 5.2.4.3.4. Pluviometria total mensal e anual (Trindade, 1961–2002)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1962	0	0	0	0	0	0	0	231,8	54,8	29,4	0	0	316
1963	0	0	0	0	0	0	0,3	143	50,9	25,2	0	0	219,4
1964	0	0	0	0	0	0	54,9	24,7	129,6	0	0	0	209,2
1965	0	0	0	0	0	0	1	81,2	89,7	26,7	5,3	0	203,9
1966	0	0	0	0	0	0	0	104,9	154,4	99,9	8,1	0	367,3
1967	1	0	0	0	0	0	0	28,5	513	136	3	0	681,5
1968	0	0	0	0	0	0	0,2	0	24,4	9,5	0	1,5	35,
1969	0	0	0	0	0	0	0	72,4	198,5	13,2	0	0	284,1
1970	0	0	0	0	0	0	0	189,6	80,3	0	0	0	269,9
1972	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1973	0	0,5	0	0	0	0	0	22,4	17,7	4,8	0	0	45,4
1974	0	0	0	0	0	0	1,7	7,3	113,9	0	0	0	122,9
1975	0	0	0	0	0	0	32,4	86,6	257,9	3,5	0	0	380,4
1976	0	1	1,3	0	0	0	0	42	185,4	12,2	0	4,2	246,1
1977	0	0	0	0	0	0	0	15,1	0	0	0	0	15,1
1978	0	0	0	0	0	0	0	8	111,5	8,5	0	4,2	132,2
1979	0	0	0	0	0	0	20,8	1,1	3,7	125,5	0	0	151,1
1980	0	52,5	0	0	0	0	0	146,8	73,8	0	0	0	273,1
1981	7,2	0,8	0	0	0	0	0,4	58,2	24	0	0	20,1	110,7
1982	14,2	0	0	0	0	0	0	39,7	3,3	6	2,6	0	65,8
1983	1,4	0	0	0	0	0	0,2	17	72,3	0	0	0	90,9
1984	0	0	0	0	0	0	7	2,2	164,5	0	29,6	22,6	225,9
1985	0	0	0	0	0	0,1	5,2	32,8	101,2	0	0	6,4	145,7
1986	6	5,6	0	0	8	0	0,8	72,4	55,2	77,1	0	0	225,1
1987	0	0,7	0	0	0	0	0	189,6	80,3	128	0	0	398,6
1988	0	52,5	0	0	0	0	0	139,8	72,4	0	160	0	424,7
1989	0	0	0	0	0	0	0	23,4	28,9	26,5	0,4	0	79,2
1990	21,6	0	0	0	0	0	81,5	41,6	113,7	87,6	0,6	0	346,6
1991	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4
1992	0	0	0	0	3,5	0	11,5	0	41,1	103,6	0	0	159,7
1993	12,6	0	0	0	0	0	15	71,5	70	0	0	0	169,1
1994	0	0	0	0	0	0	0	37	8	0	0	0	45
1995	0	0	0	0	0	0	18,8	97,5	66	0	0	0	182,3
1996	0	0	0	0	0	0	0	59	6	0	0	0	65
1997	0	0	0	0	0	0	0	121	28	0	0	0	149
1998	0	0	0	0	0	0	0	59	35	0	0	0	94
1999	0	0	0	0	0	0	0	90	148	97	0	0	335
2000	17,3	0	0	0	0	0	0	40	112,5	0	0	0	169,8
2001	0	0	0	0	0	0	16	54	104	6	42,6	0	222,6
2002	0	0	0	0	0	0	0	11	34	50	0	0	95
	2	2,8	0	0	0,3	0	6,5	60,1	83,6	26,2	6,2	1,4	

\*\* Dados não disponíveis

Fonte: INMG – Delegação da Praia

tab. 5.2.4.3.5. Pluviometria total mensal e anual (São Francisco, 1961–2002)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1961	0	0	0	0	0	0	18	140	99,8	0	0	0	257,8
1962	0	0	0	0	0	0	0	81,6	52,9	28,3	11	0	173,8
1963	0	3,6	0	0	0	0	7	101,4	25,5	36,5	2	0	176
1964	5,5	0	0	0	0	0	55,7	26	124,3	0	0	0	211,5
1965	0	0	0	0	0	0	2,6	58,3	87,9	98,5	19,3	0	266,6
1966	0	0	0	0	0	0	0	70,1	61,8	124,6	68	0	324,5
1967	0	0	0	0	0	0	0	46	365,8	151,7	3	0	566,5
1968	0	0	0	0	0	0	0	1	31,3	22	2	0,3	56,6
1969	0	0	0	0	0	0	16,5	52	148,6	1,4	0	0	218,5
1970	0	0	0	0	0	0	1,8	17,8	11,2	0	0	0	30,8
1971	0	0,3	0	0	0	0	0	60,7	8,6	22	0	0	91,6
1972	0	0	2,2	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0,6	3,6
1973	0	3,9	0	0	0	0	0	18,2	**	0	0	0	22,1
1978	0	0	0	0	0	0	1	0,7	125	5,5	0	13,8	146
1979	1,7	0	0	0	0	0	43,5	126	6,5	159,2	0	0	336,9
1980	6,3	0,1	0	0	0	0	3,7	143,6	55,8	5	13,6	16,9	245
1981	6,3	0,1	0	0	0	0	6	37,8	41,6	0	0	1	92,8
1982	23,2	0	0	0	0	0	0	22,6	3,6	35,7	1	0	86,1
1983	0	0	0	0	0	0	0	49,1	63,1	0	0	0	112,2
1984	0	0	0	0	0	0	1,8	12,8	115,6	0	14,1	21,2	165,5
1985	0,3	0	0	0	0	0	3,9	31	54,2	0	0	2,8	92,2
1986	6,3	7,2	0	0	3	2,2	3	142,8	85,4	118,8	0	0	368,7
1987	0	2	0	0	0	0	0	173	113,4	101,3	0	0	389,7
1988	1,8	40,1	0	0	0	0	0	126,5	90,9	0	41,8	0	301,1
1989	0	0	0	0	0	0	0	50,8	27,2	25,1	0,7	2,5	106,3
1990	13,6	0	0	0	0	0	83,5	26	103,9	83,2	0	0	310,2
1991	0	0,7	0	0	0	0	1,2	32,2	16,9	0,8	0	0	51,8
1992	0	0	0	0	6,4	0	8,1	4,9	65,4	147	7,3	0	239,1
1993	16,5	0	0	0	0	0	26,2	50,8	85	0	0	0	178,5
1994	0	0	0	0	0	0	0	25	14,5	1	0	0	40,5
1995	0	0	0	0	0	0	22,5	105,5	109	10	0	126	373
1996	0	0	0	0	0	0	0	93	15	8	0	0	116
1997	4,5	0	0	0	0	0	1	185,5	60	0	0	0	251
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	55	35,6	0	0	90,6
1999	0	0	0	0	0	0	0	81,5	111,5	105,5	0	0	298,5
2000	0	0	0	0	0	0	17	20	56,5	226	0	0	319,5
2001	0	0	0	0	0	0	7	57,7	71,2	14,8	6,6	0	157,3
	2,1	1,4	0,1	0	0,2	0,1	8,1	55,4	64,1	38,2	4,7	4,5	

\*\* Dados não disponíveis

Fonte : INMG – Delegação da Praia



tab. 5.2.4.3.6. Pluviometria total mensal e anual (Babosa–Picos, 1961–2002)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1961	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,5	216,4	411,0	8,0	0,7	0,0	680,6
1962	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	14,0	194,5	164,0	86,4	38,5	0,0	497,7
1963	1,2	3,9	0,0	0,0	0,0	0,1	69,0	392,5	177,2	121,5	0,0	0,0	765,4
1964	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	137,9	83,2	234,9	0,0	0,0	0,0	456,0
1965	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	230,9	297,2	0,0	0,0	528,1
1967	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	**	0,0	0,0	0,0	20,0
1968	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,3	227,0	19,0	8,5	25,3	321,1
1969	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	86,6	81,7	279,6	72,4	1,4	0,0	521,7
1970	0,0	11,7	0,4	0,0	0,3	0,5	17,1	84,5	75,0	13,2	8,3	0,7	211,7
1971	0,0	14,8	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	415,3	47,5	25,6	7,5	0,0	512,8
1972	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	9,2	0,0	11,4	9,8	2,5	5,5	8,1	47,7
1973	0,0	7,4	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	129,2	110,0	21,5	0,0	0,0	271,5
1974	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	79,4	**	**	0,0	0,0	79,4
1975	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	107,2	193,3	0,0	0,0	0,0	304,4
1976	0,5	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,0	468,0	0,0	3,8	21,9	536,2
1977	6,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	29,3	**	0,0	0,0	0,0	36,8
1978	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	141,2	257,0	155,4	1,1	14,7	569,5
1979	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,8	80,4	55,7	246,9	0,0	1,3	435,1
1980	1,4	0,0	1,2	1,1	0,0	1,7	5,9	201,5	109,1	32,7	26,1	0,0	380,7
1981	11,2	14,1	2,0	0,0	1,1	0,1	33,6	64,2	150,3	0,0	0,0	118,8	395,4
1982	48,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,6	185,4	25,2	94,9	7,1	5,5	385,5
1983	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	97,5	173,9	0,0	0,0	0,0	271,4
1984	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	82,7	51,0	292,0	10,0	85,4	26,1	547,2
1985	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,9	71,3	174,0	0,0	5,5	24,4	316,1
1986	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,4	207,8	169,4	100,7	0,0	0,0	498,3
1987	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	343,6	135,2	268,2	0,0	0,0	747,0
1988	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,9	257,0	72,7	15,0	57,3	0,0	415,9
1989	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	215,4	71,9	39,6	0,0	0,0	326,9
1990	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,0	43,4	174,6	93,1	0,0	0,0	356,1
1991	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	79,6	238,2	32,5	0,0	0,0	350,3
1992	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	72,3	40,2	83,5	149,0	16,1	0,0	361,1
1993	65,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,2	180,4	132,9	0,0	0,0	0,0	399,3
1994	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	57,0	81,1	4,2	0,0	0,0	142,3
1995	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,3	141,4	166,6	75,5	0,0	112,9	523,7
1996	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	135,9	78,3	0,0	11,2	0,0	228,9
1997	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	222,1	82,5	0,0	0,0	0,0	304,6
1998	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	11,3	78,1	146,2	0,0	0,0	0,0	238,1
1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	77,9	165,9	245,3	263,6	0,0	0,0	752,7
2000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,6	182,9	232,3	200,1	0,0	0,0	637,9
2001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,2	157,4	114,6	55,0	78,0	0,0	437,2
2002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	80,2	154,6	68,2	0,0	0,0	303,0
	3,3	1,4	0,2	0,0	0,0	0,3	23,4	131,8	164,4	64,3	8,8	8,8	

\*\* Dados não disponíveis

Fonte : INMG – Delegação da Praia

tab. 5.2.4.3.7. Pluviometria total mensal e anual (Aeroporto da Praia, 1961–2002)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1961	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	194,3	272,0	227,0	7,0	10,4	0,0	710,7
1962	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	15,5	410,1	196,2	88,0	35,1	0,0	746,1
1963	0,0	30,4	0,0	0,0	0,0	0,0	29,0	407,4	181,6	143,0	0,0	3,0	794,4
1964	6,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	177,5	67,5	267,5	0,0	0,0	0,0	521,5
1965	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	20,6	262,8	381,1	287,9	117,5	0,0	1.073,4
1966	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	129,9	259,7	209,2	225,5	0,0	826,9
1967	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	98,0	635,4	259,7	37,6	0,0	1.033,6
1968	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	59,9	250,9	0,0	22,3	25,0	359,6
1969	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	135,9	125,8	**	**	0,0	1,0	262,7
1970	1,0	9,7	0,0	0,0	0,0	3,0	18,3	83,4	185,0	43,5	14,5	0,0	358,4
1971	0,0	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	361,9	30,0	17,0	4,5	0,0	419,8
1972	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	6,2	1,0	9,0	18,0	39,6
1973	0,0	13,6	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	129,9	78,5	0,0	0,0	0,1	226,3
1974	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,6	115,4	338,9	64,5	0,0	0,0	561,4
1975	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	139,7	201,1	379,4	6,2	0,0	0,0	726,4
1976	0,0	11,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	183,3	555,3	**	0,0	38,7	789,1
1977	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	54,1	14,0	**	0,0	0,0	68,1
1978	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	83,0	174,0	50,4	0,0	0,0	307,4
1979	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,9	98,0	22,0	214,5	0,0	0,0	376,4
1980	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,5	22,5	72,5	114,5
1981	34,0	14,5	0,0	0,0	0,0	0,0	32,5	143,5	90,0	0,0	0,0	1,0	315,5
1982	26,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,0	135,0	21,0	46,5	5,0	0,0	248,3
1983	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	87,0	183,5	0,0	0,0	5,5	278,0
1984	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	24,5	347,0	13,0	67,0	34,0	515,5
1985	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	109,7	101,0	168,0	121,0	0,0	36,0	535,7
1986	3,5	11,5	0,0	0,0	14,5	0,0	9,5	74,0	347,5	117,5	0,0	0,0	578,0
1987	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	310,0	83,0	288,9	0,0	0,0	683,4
1988	4,5	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	316,0	158,2	25,0	78,5	0,0	627,7
1989	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	221,1	97,5	76,4	9,0	37,0	441,0
1990	28,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	94,0	58,0	190,2	170,0	0,0	0,0	540,2
1991	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	98,5	57,0	15,0	7,0	0,0	177,5
1992	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,2	15,5	90,5	167,5	7,0	0,0	288,7
1993	47,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,4	314,0	131,3	0,0	0,0	0,0	506,2
1994	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	112,7	84,6	0,0	0,0	0,0	213,3
1995	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,0	139,0	256,5	55,0	0,0	80,2	559,7
1996	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	170,9	67,2	0,0	0,0	0,0	240,9
1997	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	404,8	83,2	19,1	0,0	0,0	507,1
1998	0,0	0,0	2,5	4,9	0,0	0,0	8,3	94,2	98,6	0,0	0,0	0,0	208,5
1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,1	207,5	243,7	249,2	0,0	0,0	738,5
2000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,3	173,9	389,6	134,2	0,0	0,0	707,0
2001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,7	216,0	101,7	42,2	44,5	0,0	448,1
2002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	111,3	140,5	93,7	0,0	0,0	345,5
	3,7	3,4	0,1	0,1	0,3	0,2	30,7	159,0	185,7	78,1	17,1	8,4	

\*\* Dados não disponíveis

Fonte : INMG – Delegação da Praia

tab. 5.2.4.3.8. Pluviometria total mensal e anual (Serra Malagueta, 1961–2002)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1961	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	76,9	384,1	455,2	18,3	6,1	0,0	940,6
1962	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	15,7	205,7	288,2	159,5	62,3	2,1	741,1
1963	31,8	37,3	0,0	0,0	2,1	0,0	102,5	610,0	312,4	282,7	0,0	0,0	1.378,8
1964	2,2	15,6	0,0	0,0	0,0	0,0	227,2	287,1	390,6	6,3	0,0	0,0	929,0
1965	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2	29,5	291,0	539,7	399,9	258,1	0,0	1.525,4
1966	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	222,9	335,9	558,3	445,9	0,0	1.567,8
1967	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	0,2	198,5	680,3	616,6	84,9	0,0	1.583,9
1968	0,0	11,3	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	39,9	428,6	35,5	17,3	35,3	576,2
1969	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	46,0	163,1	298,9	21,0	0,0	0,0	529,0
1970	0,0	11,9	0,0	0,0	0,0	0,0	8,7	113,1	90,5	45,0	5,5	0,0	274,7
1971	0,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	338,4	42,5	24,2	0,0	0,0	426,3
1972	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	7,0	4,8	0,0	6,0	10,5	31,0
1973	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	132,9	93,8	0,0	0,0	0,0	235,7
1974	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,8	35,1	**	0,0	**	0,0	80,9
1975	25,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	138,8	215,5	**	0,0	0,0	0,0	379,6
1976	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	208,6	590,3	0,0	0,0	0,0	798,9
1977	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	83,3	20,5	2,5	0,0	0,0	106,3
1978	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**	529,3	501,0	0,0	7,0	1.037,3
1979	7,9	0,0	9,9	0,0	0,0	0,0	68,1	185,4	123,7	702,0	3,5	0,0	1.100,5
1980	0,0	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	**	**	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1
1981	23,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	72,0	114,5	213,9	34,5	0,0	5,0	463,2
1982	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	205,2	110,0	171,0	2,4	0,0	513,6
1983	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	86,4	312,6	0,0	0,0	0,0	399,0
1984	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	57,0	94,4	425,0	15,0	85,6	30,8	710,8
1985	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	62,7	227,3	357,4	0,0	0,0	26,0	673,4
1986	0,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,0	280,0	236,4	167,6	0,0	0,0	732,0
1987	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	439,0	145,0	160,0	0,0	0,0	744,0
1988	0,0	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	395,6	159,4	23,0	65,0	0,0	673,0
1989	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	407,5	87,5	37,0	0,0	0,0	532,0
1990	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	79,4	75,2	290,0	230,0	0,0	0,0	714,6
1991	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	182,3	118,0	25,0	0,0	0,0	325,3
1992	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	123,0	72,5	149,5	83,5	25,9	0,0	458,4
1993	59,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,7	259,5	168,8	0,0	0,0	0,0	516,3
1994	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	91,6	119,9	0,0	0,0	0,0	211,5
1995	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	67,5	166,8	262,2	41,0	0,0	66,7	604,2
1996	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	166,1	40,1	0,0	21,5	0,0	238,7
1997	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,5	390,6	152,5	0,0	0,0	0,0	565,6
1998	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,8	51,5	212,3	0,0	0,0	0,0	308,6
1999	10,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	150,2	213,8	306,6	281,9	6,7	0,0	969,6
2000	13,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,1	215,2	261,6	292,5	0,0	0,0	818,1
2001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,5	208,6	163,6	75,5	166,6	0,0	658,8
2002	34,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	123,0	256,1	115,2	0,0	0,0	529,1
	6,0	3,4	0,2	0,0	0,1	0,5	40,0	204,7	244,3	122,0	30,8	4,4	

\*\* Dados não disponíveis

Fonte : INMG – Delegação da Praia

tab. 5.2.4.3.9. Pluviometria total mensal e anual (São Jorge dos Órgãos, 1961–2002)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1961	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	70,4	101,5	261,8	2,4	7,2	0,0	444,3
1962	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0	1,7	4,5	208,3	156,0	64,4	28,0	1,0	464,9
1963	1,8	27,7	0,0	0,0	0,8	0,0	25,7	320,4	107,4	124,1	0,0	0,8	608,7
1964	0,4	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	176,0	56,2	193,6	0,0	0,0	0,0	426,8
1965	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	14,3	190,5	288,6	260,0	99,5	0,0	855,6
1966	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	145,8	195,5	247,6	157,5	0,0	746,8
1967	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	2,7	2,5	127,2	401,2	314,5	23,2	0,0	872,5
1968	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	64,0	268,5	0,0	13,5	18,0	364,0
1969	6,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	101,5	63,0	180,5	40,5	0,0	2,0	395,1
1970	0,0	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	9,9	69,3	121,0	3,5	6,0	1,0	217,9
1971	0,0	13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	219,0	32,1	20,0	3,8	0,0	289,3
1972	0,6	0,0	2,4	0,0	0,0	2,6	0,0	11,3	6,5	3,6	7,2	11,3	45,5
1973	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	141,9	102,4	6,5	0,0	0,0	258,9
1974	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8	68,0	230,6	79,5	0,0	0,0	413,9
1975	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	126,6	149,9	163,9	13,2	0,0	0,0	466,1
1976	1,5	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	64,2	312,4	29,9	0,0	34,0	452,0
1977	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,3	8,3	1,8	0,0	0,0	44,1
1978	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	76,2	236,5	105,0	0,0	23,2	440,9
1979	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,0	90,6	30,2	148,8	0,0	0,0	304,6
1980	0,0	2,2	0,4	0,0	0,0	1,7	5,4	205,2	89,5	26,4	22,2	123,3	476,3
1981	12,4	7,0	0,5	0,0	0,0	0,0	33,1	67,8	75,1	0,0	0,0	8,0	203,9
1982	43,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5	148,6	35,6	78,9	4,9	0,8	321,2
1983	2,6	0,0	0,0	0,4	0,0	0,4	1,3	98,3	149,9	1,0	0,0	1,1	255,0
1984	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	1,2	58,0	29,0	347,3	2,5	74,7	25,3	538,5
1985	0,8	0,4	1,2	0,0	0,0	0,0	42,1	80,0	388,6	0,1	2,4	36,8	552,4
1986	8,6	6,4	0,1	0,7	4,0	0,0	23,1	159,1	513,5	125,1	0,8	0,3	841,7
1987	0,3	4,2	0,4	0,0	0,0	0,2	2,5	320,5	103,7	199,4	1,6	1,8	634,6
1988	4,6	46,7	4,1	0,0	0,0	0,1	15,2	266,1	79,6	6,8	99,5	1,3	524,0
1989	0,0	0,0	0,3	0,8	0,0	0,0	5,3	224,9	48,0	50,2	3,5	35,5	368,5
1990	31,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	51,2	55,0	142,0	109,2	3,4	0,2	392,5
1991	0,3	4,6	0,0	0,2	0,0	0,0	1,9	78,1	119,8	18,7	0,2	5,4	229,2
1992	48,4	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	60,6	39,9	99,4	156,0	28,4	0,1	433,5
1993	48,4	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	22,2	180,0	127,4	2,4	5,1	0,2	386,4
1994	2,4	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	4,2	74,8	76,7	15,3	0,0	0,0	173,7
1995	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,9	138,0	201,6	30,9	1,2	38,8	448,4
1996	10,7	1,5	3,0	0,0	0,0	0,7	5,7	169,3	65,5	10,1	13,4	2,3	282,2
1997	11,8	0,0	0,0	0,2	0,0	1,9	9,6	237,6	75,4	4,6	0,1	0,0	341,2
1998	4,6	0,0	2,6	2,6	0,0	0,0	17,2	76,9	185,3	3,8	0,5	4,0	297,5
1999	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	77,2	151,5	232,9	192,6	5,5	1,4	663,0
2000	1,9	0,1	0,0	0,6	0,0	0,6	29,9	107,1	223,0	175,7	4,9	1,2	545,0
2001	0,8	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	54,8	163,3	81,3	48,4	82,5	2,6	434,1
	6,5	3,4	0,4	0,2	0,1	0,4	28,6	128,5	164,8	66,4	17,1	9,3	

\*\* Dados não disponíveis

Fonte : INMG – Delegação da Praia

tab. 5.2.4.3.10. Pluviometria total mensal e anual (Assomada, 1961–2002)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1961	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,6	407,9	479,4	4,2	0,0	0,0	992,1
1962	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	322,7	279,8	131,1	73,6	0,0	811,7
1963	0,0	37,3	0,0	0,0	0,0	0,0	59,6	485,6	211,1	175,3	0,0	8,2	977,1
1964	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	168,6	127,1	305,8	0,0	0,0	0,0	601,5
1965	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0	244,6	185,1	365,2	154,7	0,0	953,1
1966	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	141,8	242,9	392,1	269,5	0,0	1.046,3
1967	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	69,2	705,5	514,1	38,2	0,0	1.327,0
1968	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1	56,9	288,0	18,8	7,3	22,4	397,5
1969	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	114,2	92,5	287,9	106,3	0,0	0,0	600,9
1970	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,1	123,3	80,3	8,2	0,0	0,0	224,9
1971	0,0	13,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	436,9	47,7	22,4	0,0	0,0	520,2
1972	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	1,2	0,0	5,1	2,4	18,1
1973	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	201,0	112,0	41,0	0,0	0,0	360,2
1974	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,5	52,9	**	90,2	0,0	0,0	180,6
1975	21,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	157,5	245,8	0,0	0,0	0,0	425,1
1976	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	72,9	433,2	0,0	0,0	0,0	506,1
1977	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,5	7,0	0,0	0,0	0,0	37,5
1978	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,5	172,7	158,0	45,0	0,0	407,2
1979	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,0	122,0	77,0	271,0	0,0	0,0	520,0
1981	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	65,0	55,0	153,5	110,0	0,0	0,0	383,5
1982	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	164,9	56,7	54,0	0,0	0,0	275,6
1983	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,7	160,0	0,0	0,0	0,0	259,7
1984	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	104,0	**	**	**	**	**	104,0
1985	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,4	76,6	123,0	0,0	0,0	10,5	257,5
1986	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,2	224,2	189,6	100,2	0,0	0,0	526,2
1987	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	220,4	90,2	243,2	0,0	0,0	554,8
1988	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	238,5	84,6	8,1	50,7	0,0	390,2
1989	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	237,8	56,1	7,8	23,6	0,0	325,3
1990	31,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,0	43,4	221,5	81,8	0,0	0,0	410,5
1991	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	25,3	237,9	11,6	0,0	0,0	278,9
1992	0,0	0,0	0,0	4,1	4,1	0,0	66,3	34,4	130,6	115,7	3,9	0,0	359,1
1993	48,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,1	201,5	138,4	0,0	0,0	0,0	419,6
1994	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	76,0	106,4	1,6	0,0	0,0	186,4
1995	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,7	135,1	142,6	17,0	0,0	57,1	388,5
1996	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	69,9	33,9	13,7	7,9	0,0	131,8
1997	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,1	137,9	103,9	7,8	0,0	0,0	265,4
1998	0,0	0,0	12,2	0,0	0,0	0,0	20,1	78,7	175,6	1,2	0,0	0,0	287,8
1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	21,2	292,2	189,1	0,0	0,0	517,5
2000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0	178,4	309,8	164,8	0,0	0,0	670,0
2001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,7	164,7	129,4	62,0	42,4	0,0	423,2
	2,6	1,4	0,3	0,2	0,1	0,0	26,4	145,4	186,8	89,4	18,5	2,6	

\*\* Dados não disponíveis

Fonte : INMG – Delegação da Praia

tab. 5.2.4.3.11. Pluviometria total mensal e anual (Chão Bom, 1961–2002)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1961	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,2	176,9	155,5	0,0	0,0	0,0	352,6
1962	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	62,0	65,7	46,6	4,0	0,0	182,8
1963	0,0	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	108,3	40,5	52,0	0,0	0,0	214,3
1965	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,5	83,5	54,0	15,0	0,0	193,0
1966	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	10,0	87,0	0,0	0,0	127,0
1967	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	63,0	157,0	156,0	0,0	0,0	376,0
1968	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	147,0	0,0	0,0	0,0	160,0
1969	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,0	**	**	10,0	0,0	0,0	61,0
1970	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	39,0	20,0	12,5	0,0	0,0	80,5
1971	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	68,7	27,9	38,5	0,0	0,0	136,1
1972	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	3,5	27,9	0,0	1,5	0,0	33,0
1973	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,1	93,2	0,0	0,0	0,0	128,3
1974	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	26,9	46,7	9,0	0,0	0,0	83,8
1975	14,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,0	24,5	142,0	3,5	0,0	0,0	225,7
1976	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,5	125,2	21,5	0,0	1,0	167,2
1977	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,5	2,8
1978	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	20,0	136,0	58,0	0,0	48,5	270,0
1979	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,0	52,5	24,5	123,5	0,0	0,0	222,5
1980	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	**	34,7	5,5	40,1	9,3	94,9
1981	29,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,0	54,5	59,4	0,0	0,0	0,5	164,9
1982	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,0	40,5	20,0	3,2	0,0	102,7
1983	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,4	108,6	0,0	0,0	0,2	147,1
1984	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	28,0	214,8	0,0	4,2	20,2	279,2
1985	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3	23,2	36,5	0,0	0,0	5,0	76,2
1986	0,0	1,9	0,0	0,0	0,2	0,0	4,1	65,0	159,6	44,1	2,3	0,0	277,2
1987	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	206,3	69,4	66,7	0,0	0,0	342,9
1988	2,3	40,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	103,6	91,3	0,0	47,6	1,0	287,7
1989	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	187,6	21,4	6,0	0,0	0,0	215,0
1990	15,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,8	50,4	147,4	62,2	0,0	0,0	288,3
1991	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	126,4	11,1	40,4	0,0	1,0	180,7
1992	5,0	0,6	0,0	0,0	14,6	0,0	84,8	6,3	41,7	44,9	6,9	0,0	204,8
1993	24,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	230,0	96,7	0,0	0,0	0,0	352,8
1994	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,4	44,2	0,0	0,0	0,0	65,6
1995	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,8	33,2	7,0	19,6	0,0	0,0	74,6
1996	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,6	10,8	0,0	3,9	0,0	51,3
1997	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	69,9	10,2	0,0	0,0	0,0	83,9
1998	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	20,4	43,8	0,0	0,0	0,0	69,7
1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5	77,4	378,8	199,6	0,0	0,0	664,3
2000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,7	140,9	8,5	0,0	0,0	172,1
2001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,7	39,6	103,9	90,3	109,2	0,0	367,
	2,6	1,5	0,0	0,0	0,4	0,0	9,2	59,3	81,4	32,0	5,9	2,2	

\*\* Dados não disponíveis

Fonte: INMG – Delegação da Praia

O mapa das chuvas de Santiago (Fig. 5.2.4.3.5), rico de contrastes, apresenta certa simetria introduzida pela disposição das duas grandes massas de relevo, os maciços do Pico da Antónia e da Malagueta, separados pela superfície alta de St<sup>a</sup> Catarina. As áreas mais elevadas dos maciços correspondem, como já foi referido, às zonas de maior precipitação, diminuindo os valores desta à medida que se desce para o litoral (Tabela 5.2.4.3.3. à 5.2.4.3.11.).

Todo o litoral fica abaixo dos 300mm de precipitação média anual, com zonas mais amplas nos extremos da ilha, correspondendo às terras baixas de achadas pedregosas, onde apenas os espinheiros resistem às condições extremas de secura. No interior desta auréola de aridez, a linha dos 250mm interrompe-se desde a baía de Angra (Tarrafal) até Pedra Badejo. Na vertente de Sotavento, mais abrigada pelo maciço do Pico da Antónia, esta linha passa a uma altitude elevada (a Norte de Santana, a cerca de 400m de altitude), enquanto na vertente voltada para Oriente ela passa muito mais abaixo, a cerca de 100m de altitude, sobre a achada. Mais uma vez a influência do relevo se faz notar, por um lado pela maior altitude a que passam as isoietas na vertente de Sotavento, por outro lado pela maior proximidade das manchas de precipitação do litoral Ocidental da ilha. A maior percentagem da área da ilha fica, sem dúvida, abaixo dos 500mm de precipitação média anual, sempre na ameaça de crises de produção.

Cunha (1962), estudando a variabilidade da precipitação em Santiago, chegou às seguintes conclusões:

- i. É muito alto o coeficiente de variabilidade de precipitação anual nas zonas do litoral, ultrapassando 60% na região Sul. Nas zonas de altitude este coeficiente é sensivelmente menor, da ordem de 35 a 40%.
- ii. Há boa correlação entre os valores da precipitação anual da Praia e dos outros postos da ilha, designadamente os que estão localizados na parte Sul. Exceptuam-se os postos a Norte da serra da Malagueta, para os quais a correlação não é significativa.
- iii. A variação de precipitação anual com a altitude é da ordem de 80 a 100mm/100m, à excepção da encosta virada ao quadrante Sul, até 300 a 400m de altitude, onde a variação é nula ou muito pequena.
- iv. Nas regiões do litoral a maioria das ocorrências de precipitação anual são inferiores a 400mm, havendo casos de menos de 100mm. Nas regiões de altitude há apreciável número de casos superiores a 1000mm, designadamente na serra da Malagueta.
- v. No trimestre chuvoso de Agosto a Outubro cai cerca de 80% da precipitação anual e no pentamestre de Julho a Novembro 95%, havendo grande variabilidade das quedas mensais.
- vi. Os coeficientes pluviométricos são muito altos na estação chuvosa, em especial de Setembro a Novembro, e os valores máximos da precipitação em 24 horas, no

- período dos anos assinalados, são extraordinariamente elevados, ultrapassando 200mm nos postos do litoral e 300mm nos de altitude.
- vii. Na cidade da Praia predominam as precipitações diárias inferiores a 10mm, mas há um número relativamente apreciável de casos superiores a 50mm. O máximo período de dias seguidos de precipitação foi de 8, com 140,8mm.

### 5.3. FACTORES DE CLIMA E DE TEMPO

O arquipélago está entre cerca de 14° e 17° de latitude Norte, na Zona Intertropical onde o sol mantém uma posição sempre alta ao meio-dia.

Se esta situação em latitude explica certos aspectos fundamentais do clima da área do arquipélago, concorrente com a insularidade, de modo nenhum o factor latitude pode, só por si, explicar as particularidades do clima cabo-verdiano, e o cariz dos seus tempos.

Colocado na margem oriental do Atlântico Norte, na zona de acção dos alísios de nordeste, o arquipélago tira a sua diversidade climática regional da acção do relevo sobre as massas de ar comandadas pelo anticiclone subtropical (célula dos Açores), das ondas ou perturbações que se desenvolvem no seio dos alísios e das flutuações estacionais da faixa de convergência intertropical (CIT).

Fica o arquipélago praticamente na zona de separação das águas frias da corrente das Canárias e de águas quentes meridionais e é natural que as massas de ar provenientes do centro anticiclónico dos Açores sofram modificações das suas características termodinâmicas ao passarem sobre as águas frias, no seu percurso para Sul.

As temperaturas médias anuais do período de 1958 – 1960 do ar e do mar, medidas na estação da Praia (Fig. 5.3.1) mostram que há um paralelismo entre as duas curvas que se poderá explicar, por um lado, pela fraca amplitude de variação diurna de temperaturas do ar, numa superfície terrestre tão exígua como Santiago e, por outro lado, como consequência daquela, a eliminação desses fracos contrastes de temperaturas na média anual.

O mesmo se poderá dizer quanto às pressões: o arquipélago e os mares que o rodeiam estão no domínio de pressões médias da zona quente. As pressões mantêm-se aí entre cerca de 1012 e 1015 mb. Só excepcionalmente o anticiclone dos Açores tem uma acção directa sobre as pressões na área de Santiago; quanto à faixa de depressões equatoriais, ela raramente sobe aos 15° de latitude Norte.

A fraqueza da amplitude indica bem o papel moderador das massas de água, de temperatura quase constante.



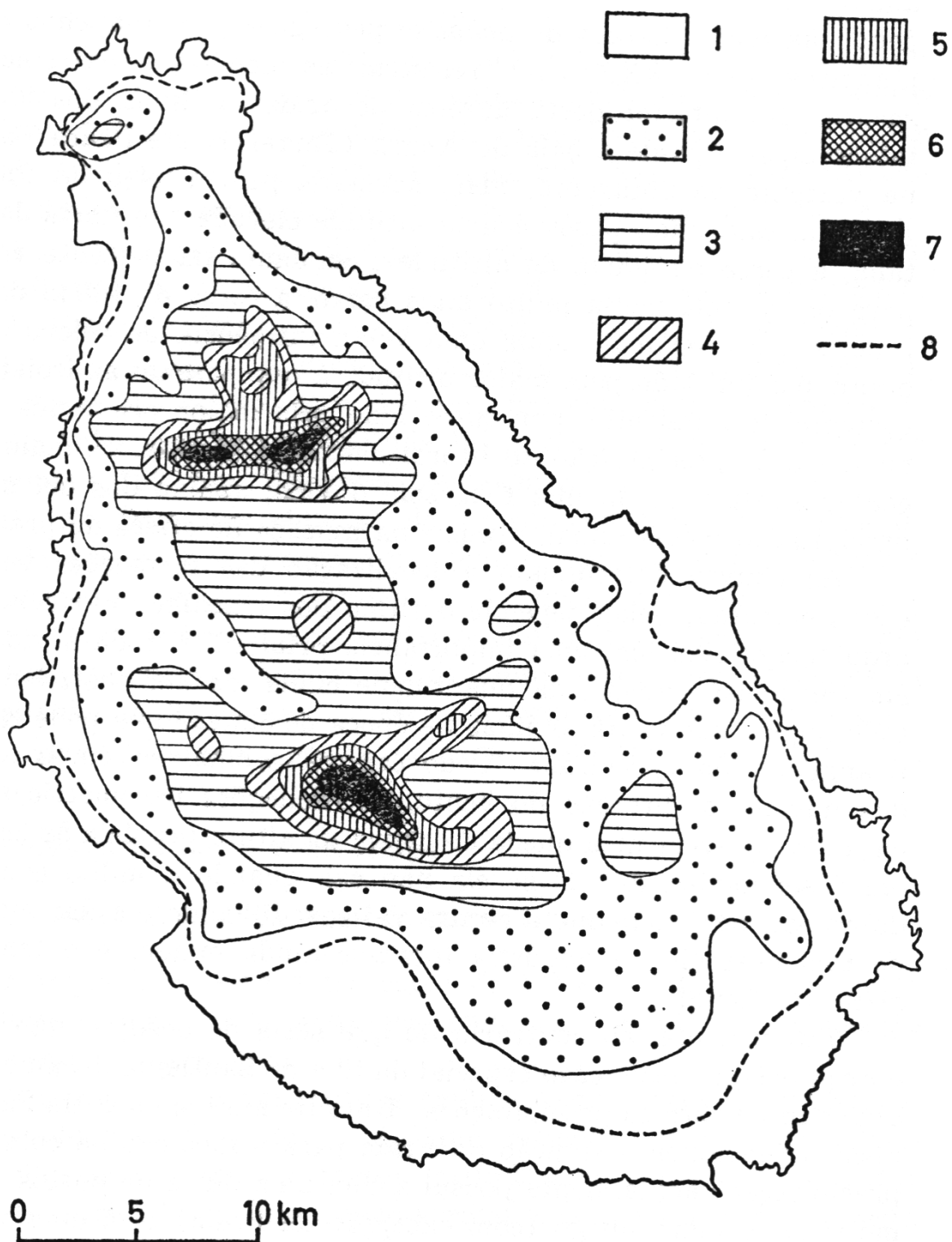


fig. 5.2.4.3.5. Distribuição das chuvas na área de Santiago (baseado em Reis Cunha, 172).

1. inferior a 300 mm; 2. de 300 a 500; 3. de 500 a 700; 4. de 700 a 800; 5. de 800 a 900; 6. de 900 a 1000; 7. superior a 1000 mm; 8. curva de 250 mm

Fonte: Santiago de Cabo Verde, A Terra e os Homens, Ilídio do Amaral, 1964.

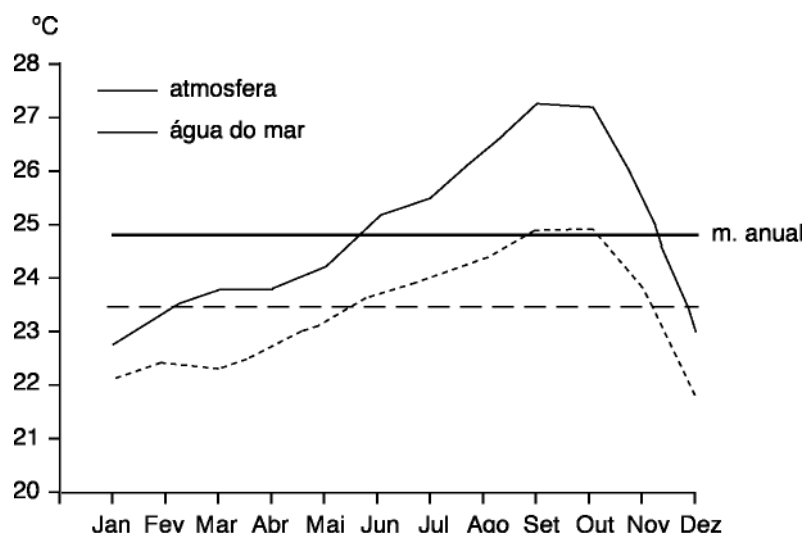


fig. 5.3.1. Temperaturas médias mensais e anuais do ar e da água do mar, na Praia (período de 1958–1960).

Fonte: Santiago de Cabo Verde, A Terra e os Homens, Ilídio do Amaral, 1964.

A insularidade no meio de mares frios influencia também as características da precipitação. Basta comparar a Praia a outras estações de latitude quase análogas: enquanto esta, uma estação na margem oriental do oceano Atlântico, recebe 270 mm de água, Point-à-Pitre, no extremo ocidental, rodeada de mares quentes, recebe 1500 a 1600 mm de água; St. Louis, na costa de África, recebe 400 a 500 mm.

Os cúmulos sobre cada uma das ilhas montanhosas do arquipélago traduzem a influência do relevo. Nesta área, onde as massas de ar são geralmente instáveis, a presença de um relevo vigoroso traduz-se por uma inflexão para o alto das correntes de ar. Em ilhas como Santiago, a vertente de Barlavento é uma área onde a componente vertical do vento é ascendente, o que favorece a formação de nuvens e o seu desenvolvimento vertical; a massa de ar que se eleva sofre um decrescimento adiabático de temperatura, mantendo-se contudo constante o seu teor em vapor de água. Aproxima-se rapidamente das condições de condensação, que se realiza ao nível marcado pela base das nuvens. Este movimento ascensional, que resulta do choque das massas de ar marítimo instável contra o relevo vigoroso, é suficiente para desencadear o mecanismo da condensação; dela formam-se nuvens do tipo cumuliforme, de bases planas bastante nítidas. Na vertente de Sotavento, a componente vertical do vento é, pelo contrário, descendente; as massas de ar, que perderam uma boa parte da humidade pela condensação na vertente de Barlavento, baixam e comprimem-se adiabaticamente: daí um aquecimento e desaparecimento de nuvens.

A altura e o desenvolvimento das nuvens dependem, não só da intensidade do movimento ascensional como da posição da “inversão” na atmosfera média.

À influência puramente mecânica das massas montanhosas, juntam-se duas outras acções: a acção térmica, devida à irradiação de calor do solo, e a acção de

turbulência, proveniente da resistência oposta à deslocação das massas de ar, pela superfície do solo e pela vegetação. Todas essas acções agem no mesmo sentido: uma dilatação das massas de ar por cima da ilha, o que faz crescer a nebulosidade. Daí essas nuvens cumuliformes estacionárias que a cobrem.

## **Referências Bibliográficas**

AMARAL, Ilídio, 1964. Santiago de Cabo Verde. A Terra e os Homens, Lisboa.

CUNHA, F. Reis, 1960. A variabilidade da precipitação na Ilha de Santiago (Cabo Verde), Garcia de Orta, Lisboa, Vol. 8 (nº 4): 887–889, 1960

CUNHA, F. Reis, 1961. O Balanço Hidrológico da Ilha de Santiago (Cabo Verde), Garcia de Orta, Lisboa, Vol. 9 (nº 2): 359–379, 1961

CUNHA, F. Reis, 1962. Estabelecimentos meteorológicos de Cabo Verde, Garcia de Orta, Lisboa, Vol. 10 (nº 1): 191–205, 1962

CUNHA, F. Reis, 1964. O problema da captação da água do nevoeiro em Cabo Verde, Garcia de Orta, Lisboa, Vol. 12 (nº 4): 719–756, 1964

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E GEOFÍSICA (2004) – Dados Climatológicos, Praia.



**6.**

## **HIDROGEOLOGIA**



## 6.1. INTRODUÇÃO

Os trabalhos hidrogeológicos em Cabo Verde tiveram como suporte básico as seguintes contribuições:

- a. A Geologia da Ilha de Santiago (Cabo Verde), de António SERRALHEIRO, 12 Folhas na escala 1/25.000 e a respectiva Noticia Explicativa (1976).
- b. Estudo geológico, petrológico e vulcanológico da ilha de Santiago (Cabo Verde), na escala 1/100.00, de C. A. MATOS ALVES, J. R. MACEDO, L. CELESTINO SILVA, A. SERRALHEIRO e A. F. PEIXOTO FARIA (1979).
- c. A Geologia do Arquipélago de Cabo Verde, de J. Bacelar Bebiano (1932).
- d. Étude et mise en valeur des eaux souterraines dans l'Archipel de Cap – Vert de BURGÉAP. De 1969 – 1973.
- e. Contribuição das NAÇÕES UNIDAS que, logo a seguir à partida de Cabo Verde da BURGÉAP, desempenharam um papel que veio a traduzir num complemento ao trabalho realizado pela BURGÉAP, pelo que se poderá aceitar que foram essas duas entidades acima referidas as responsáveis pelo conhecimento da Hidrogeologia Cabo-verdiana
- f. Contribuição activa e persistente dos TÉCNICOS CABO-VERDIANOS que acompanharam bem de perto a BURGÉAP e as NAÇÕES UNIDAS pelo que sempre estiveram envolvidos na problemática da Hidrogeologia e Recursos Hídricos de Cabo Verde. De 1969 a 2006 e que continuarão, seguramente, a prestar a mesma colaboração.
- g. Acerca do Reconhecimento Hidrogeológico do Arquipélago de Cabo Verde, de Manuel Alves Costa (1956– 1958).
- h. E como principal suporte teórico as principais obras consultadas foram: Hidrologia Subterrânea, Tomo I, E. Custodio e M. R. Llams, (1975)
- i. Hidrologia Subterrânea, Tomo II. E. Custodio e M. R. Llams, (1975)
- j. Traité Pratique des euax souterraines, G. Castany (1967)
- k. Prospection et Exploitation des eaux souterraines. G. Castany (1968)

Deve-se salientar que houve uma colaboração estreita entre as Instituições Cabo-verdianas, o que permitiu uma troca de conhecimentos e que facilitou imenso ter-se chegado a bons resultados sobre a compreensão da Hidrogeologia Cabo-verdiana.

## 6.2. INVENTÁRIO DE PONTOS DE ÁGUA

Trata-se de uma das metodologias mais úteis e, por vezes, mais económica para se chegar ao conhecimento sobre as características hidrogeológicas de uma região ou de um aquífero.

O inventário de pontos de água consiste na recopilação e análise de todos os dados relacionados com a hidrologia subterrânea da região ou do aquífero em estudo, e que procedem da informação dos utentes dos pontos de água (lugar, ou circunstância, que permite um acesso directo ou indirecto a um determinado aquífero, tais como, poços, furos, galerias, nascentes, etc. – Mota Gomes, 1980).

O inventário de pontos de água é, provavelmente, o sistema mais idóneo para se começar a conhecer rapidamente as características hidrogeológicas de uma dada zona, pelo menos nas primeiras etapas do estudo, sem ter de recorrer a reconhecimentos de tipo directo (execução de poços, furos, sondagens) cujo custo é mais elevado e exige um tempo de realização material que, com frequência, é bastante longo.

A exploração dos dados obtidos com a realização do inventário de pontos de água fornece a primeira indicação do valor total da água extraída da zona e, consequentemente, um factor importante na gestão dos recursos hídricos uma vez que constitui, na realidade, parte das saídas do aquífero.

Deve-se salientar que é indispensável conhecer os dados relativos à localização geográfica, em mapas apropriados, dos pontos de água inventariados.

Também se deve conhecer, o melhor possível, o uso que se dá à água, a qualidade da água, o número de horas diárias de bombagem e outras informações complementares dos utentes.

A evolução histórica dos caudais, dos níveis piezométricos, das características químicas e bacteriológicas, são dados extremamente importantes para se conhecer a evolução no tempo, da exploração do aquífero, o que por certo será decisivo na altura de se planificar as actuações futuras sobre o citado aquífero.

Frequentemente, o proprietário ou utente dos pontos de água facilita informações ou dados sobre esta evolução que, embora sejam dispersos, incompletos ou imprecisos, nem por isso deixam de ter certa importância no conhecimento da hidrogeologia da zona considerada, uma vez que, com isso, se poderá reconstituir a história do aquífero e obter informações muito valiosas, principalmente no que respeita ao comportamento do aquífero face à exploração.

Na sequência da realização do inventário sistemático, analítico e detalhado de pontos de água realizado, foi elaborado um programa de exploração de pontos de água da ilha de Santiago implantados nas folhas 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58 e 59, na escala 1/25.000. Desses pontos de água inventariados foram seleccionados os de maior produtividade, com indicação de volumes passíveis de serem extraídos.

O estudo regional da exploração e gestão dos pontos de água e todo o estudo hidrogeológico repousam sobre a execução de um inventário especializado acompanhando a prospecção geofísica. Esta operação é, por sua vez, o método de



prospecção e o meio de exploração essenciais em hidrogeologia. Os dados obtidos são a base do estudo global das camadas aquíferas, cujo documento de síntese primordial é a cartografia das águas subterrâneas (carta piezométrica, carta das resistividades, carta das temperaturas, cartas hidroquímicas – G. Castany, 1967 e 1968).

### **Execução do inventário dos pontos de água – Princípios de base**

A execução do inventário dos pontos de água repousa sobre três princípios gerais:

- > **pesquisa e classificação metódica do conjunto dos dados hidrogeológicos de base respeitante às águas de superfície e às águas subterrâneas;**
- > **prospecção e estudo sistemático de todos os pontos de água, estações de medida, obras de captações, etc;**
- > **precisão máxima da totalidade dos dados de base recolhidos.**

Todavia, o inventário dos pontos de água pode ser executado segundo dois métodos, em função da urgência dos problemas a serem resolvidos, o que implica a rapidez que se deve ter em conta na obtenção de dados.

Podemos, assim, distinguir dois tipos de inventário dos pontos de água:

- > **Inventário Sistemático, Analítico e Detalhado.**
- > **Inventário Sintético e Sumário.**

O inventário sintético e sumário consegue mais rapidamente obter os resultados do conjunto; porém, não pode ser generalizado, isto é, deve ser considerado como um estudo preliminar e sumário devendo, por conseguinte, ser de seguida completado pelo estudo sistemático detalhado.

O inventário sistemático, analítico e detalhado, reunindo todos os dados científicos e técnicos precisos, permite chegar a conclusões sólidas e estabelecer um programa de acção a longo termo.

O inventário sistemático, analítico e detalhado realiza-se em várias fases:

- > **Análise documental em arquivos e fichas;**
- > **Prospecção no terreno;**
- > **Estabelecimento de documentos definitivos.**

A documentação é o trabalho preliminar indispensável, base de todo o estudo. Esta primeira etapa consiste em recolher, analisar, classificar e arquivar todos os documentos respeitantes à região em estudo. Permite estabelecer fichas próprias e dossiers, comentários sobre o modelo estabelecido de propostas de fichas definitivas para cada ponto de água.

Uma prospecção no terreno, zona por zona, é indispensável e exige os seguintes passos:

- > Inquérito relacionado com a hidrologia subterrânea e a hidrologia superficial;
- > Verificação da documentação estabelecida;
- > O estudo sistemático de todos os pontos de água;
- > O estudo geológico e geomorfológico.

Foi pelas razões acima descritas, que ao iniciar-se o estudo hidrogeológico da ilha de Santiago, em Setembro de 1971, se começou pela realização do *Inventário Sintético e Sumário* (Brigada de Águas Subterrâneas de Cabo Verde) para se poder realizar os trabalhos de perfuração, ensaios de bombagem, equipamento de furos e controlo de exploração, entre Fevereiro de 1972 a Dezembro de 1973. O primeiro inventário *Sistemático, Analítico e Detalhado* foi feito posteriormente e teve a duração de um ano, tendo consistido em inquéritos e análises de todos os dados relacionados com a hidrologia subterrânea, como resultado das informações recolhidas dos utentes dos pontos de água e, assim, foi possível um acesso directo ou/e indirecto aos aquíferos aluvionar e basáltico.

Através do Inventário Sistemático, Analítico e Detalhado de pontos de água foi possível conhecer as características hidrogeológicas abaixo descritas (Brigada de Águas Subterrâneas de Cabo Verde e a Empresa Francesa BURGÉAP) (Fig. 6.2.1, 6.2.2, 6.2.3, 6.2.4) e Tabelas (6.2.1 e 6.2.2):

1. Perfil litológico da perfuração ou a situação geológica da zona;
2. Posição do nível piezométrico;
3. Características químicas da água extraída;
4. Volume da água utilizada por unidade de tempo;
5. Evolução, com o tempo, dos dados de 2, 3 e 4.

Este trabalho permitiu a execução de estudos e reconhecimentos de tipo directo (perfurações e sondagens). Os pontos de água inventariados foram implantados em folhas topográficas na escala 1:25.000

Em fichas próprias e previamente concebidas fez-se o cadastro de cada ponto de água. Para identificação de cada ponto de água inventariado anota-se, na respectiva

ficha, o número da folha topográfica na qual está inserido (a ilha de Santiago está coberta por 12 folhas na escala 1:25.000 numeradas de 48 a 59) e, imediatamente a seguir, a ordem cronológica da execução do inventário do referido ponto de água. Por exemplo, 58-2.

# Ficha de Inventário Hidrogeológico

REPÚBLICA DE CABO VERDE C.N.A. JUNTA DOS RECURSOS HÍDRICOS		INVENTÁRIO HIDROGEOLÓGICO PONTOS DE ÁGUA SUPERFICIAIS	
ILHA	N.º do inventário	Nome usual	Ribeira
SITUAÇÃO		ALTITUDE DO SOLO	
Carta a 1/25 000 N.º		Z	Data
Carta a		Leitura da carta	Precisão
		Nivelamento barométrico	
		Nivelamento de precisão	
Acesso		Concelho	Freguesia
A viatura <input type="checkbox"/> Tempo de acesso a pé			
A pé <input type="checkbox"/>			
Nascente		UTILIZAÇÃO	
Não captada <input type="checkbox"/>		Alimentação humana <input type="checkbox"/>	
captada em parte <input type="checkbox"/>		Número de habitantes servidos .....	
captada <input type="checkbox"/>		Povoação .....	
Emergência		Alimentação pastoril <input type="checkbox"/>	
emergência <input type="checkbox"/>		Número de gado .....	
ribeira <input type="checkbox"/>		Utilização agrícola <input type="checkbox"/>	
escavação (sem bomba) <input type="checkbox"/>		Natureza das culturas .....	
Captação em aluviões		Superfície .....	
com barragem		Não utilizado <input type="checkbox"/>	
com descarga <input type="checkbox"/>		Porquê ? .....	
sem descarga <input type="checkbox"/>			
Sem barragem		Permanente <input type="checkbox"/> Temporário <input type="checkbox"/>	
com descarga <input type="checkbox"/>		seco de até	
sem descarga <input type="checkbox"/>		Mais de 100 m³/dia <input type="checkbox"/>	
		10 - 100 <input type="checkbox"/>	
		Menos de 10 m³/dias <input type="checkbox"/>	
EOLOGIA		Dados geológicos complementares	
Aquífero		Bacia de alimentação	
Substratum		.....Km²	
		Análise completa <input type="checkbox"/>	
		Pasta de caudal <input type="checkbox"/>	
		Limnígrafo <input type="checkbox"/>	
MEDIÇÕES			
Data de observação			
Observadores			
Cauda em L/mm 1			
a) avaliado 2			
b) medida sem precisão 3			
c) medido com precisão			
M			
Na Cl			
TH			
(-)			

Legenda: Ficha utilizada para águas superficiais (Frente)

<u>NOTAS COMPLEMENTARES</u>	<u>ESBOÇO DA POSIÇÃO</u>
	<div data-bbox="917 425 997 459">1/25 000</div> <div data-bbox="1045 425 1077 459"><input type="checkbox"/></div> <div data-bbox="1125 425 1220 459">1/100 000</div> <div data-bbox="1268 425 1300 459"><input type="checkbox"/></div>
<u>RISCOS DE POLUIÇÃO</u>	
<u>ESBOÇO EM DETALHE</u>	

Legenda: Ficha utilizada para águas superficiais (Verso)

fig. 6.2.1. Ficha de Inventário Hidrogeológico

CABO VERDE				INVENTÁRIO HIDROGEOLÓGICO				
Direcção dos Serviços de Exploração e Gestão de Águas Subterrâneas				POÇOS				
Ilha	N.º do inventário	N.º de execução	Nome usual	Ribeira				
		P						
<b>SITUAÇÃO</b>		<b>ALTITUDE DO SOLO</b>						
Carta a 1/25 000 N.º		Z						
Carta a		Data						
X		Precisão						
Y								
Acesso		Concelho		Freguesia				
De carro <input type="checkbox"/> Tempo de acesso a pé								
A pé <input type="checkbox"/>								
<b>CORTE DO POÇO</b>		<b>UTILIZAÇÃO</b>						
		Alimentação humana <input type="checkbox"/>						
		Número de habitantes servidos						
		Povoação						
		Alimentação pastoril <input type="checkbox"/>						
		Número de gado						
		Utilização agrícola <input type="checkbox"/>						
		Natureza das culturas						
		Superfície						
		Não utilizado <input type="checkbox"/>						
		Porquê?						
		Permanente <input type="checkbox"/> Temporário <input type="checkbox"/> seco de até		Mais de 100m³/dia <input type="checkbox"/> 10-100 <input type="checkbox"/> Menos de 10m³/dia <input type="checkbox"/>				
		<b>GEOLOGIA</b>						
		Aquífero		Análise completa <input type="checkbox"/>				
		Substratum		Pasta de caudal <input type="checkbox"/>				
				Pasta de nível <input type="checkbox"/>				
				Limnógrafo <input type="checkbox"/>				
<b>MEDIÇÕES</b>								
Data da observação	Em Repouso N	h	Após recuperação	Dados	Observadores	CI-	dH'	O
			.....h.					
			.....dia					
			.....h.					
			.....dia					
			.....h.					
			.....dia					
			.....h.					
			.....dia					

Legenda: Ficha utilizada para poços (Frente)

<u>CARACTERÍSTICAS</u>		<u>EXPLORAÇÃO</u>	
<b>Revestimento do Poço</b>		<input type="checkbox"/> Sem bomba	<input type="checkbox"/>
Pedra <input type="checkbox"/>	}	Aeromotor <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Betão <input type="checkbox"/>		Bomba <input type="checkbox"/>	Modelo _____
Anéis <input type="checkbox"/>		Manual <input type="checkbox"/>	Caudal:
		Centrífuga <input type="checkbox"/>	— avaliado _____ m³/h
		Eixo vertical <input type="checkbox"/>	— medido _____ m³/h
		Imersa <input type="checkbox"/>	Instalada em _____
		Motor gasolina <input type="checkbox"/>	
		gasoil <input type="checkbox"/>	
		eléctrico <input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/> CV	
<b>Data de construção</b>			
Poço _____ 19 _____ por _____			
galeria _____ 19 _____ por _____			
<b>ÍNDICE DA PRODUÇÃO</b> _____ m³/h m		Date _____	m³/dia _____ em h. de utilização _____
Data da prova _____	N.º do ensaio _____	_____	_____
_____	_____	Máximo possível _____	_____
<b>NOTAS COMPLEMENTARES</b>			
<b>RISCOS DE POLUIÇÃO</b>			
Legenda: Ficha utilizada para poços (Verso)			
ESBOÇO EM DETALHE		ESBOÇO DE POSIÇÃO	
		1/25 000 <input type="checkbox"/> 1/	

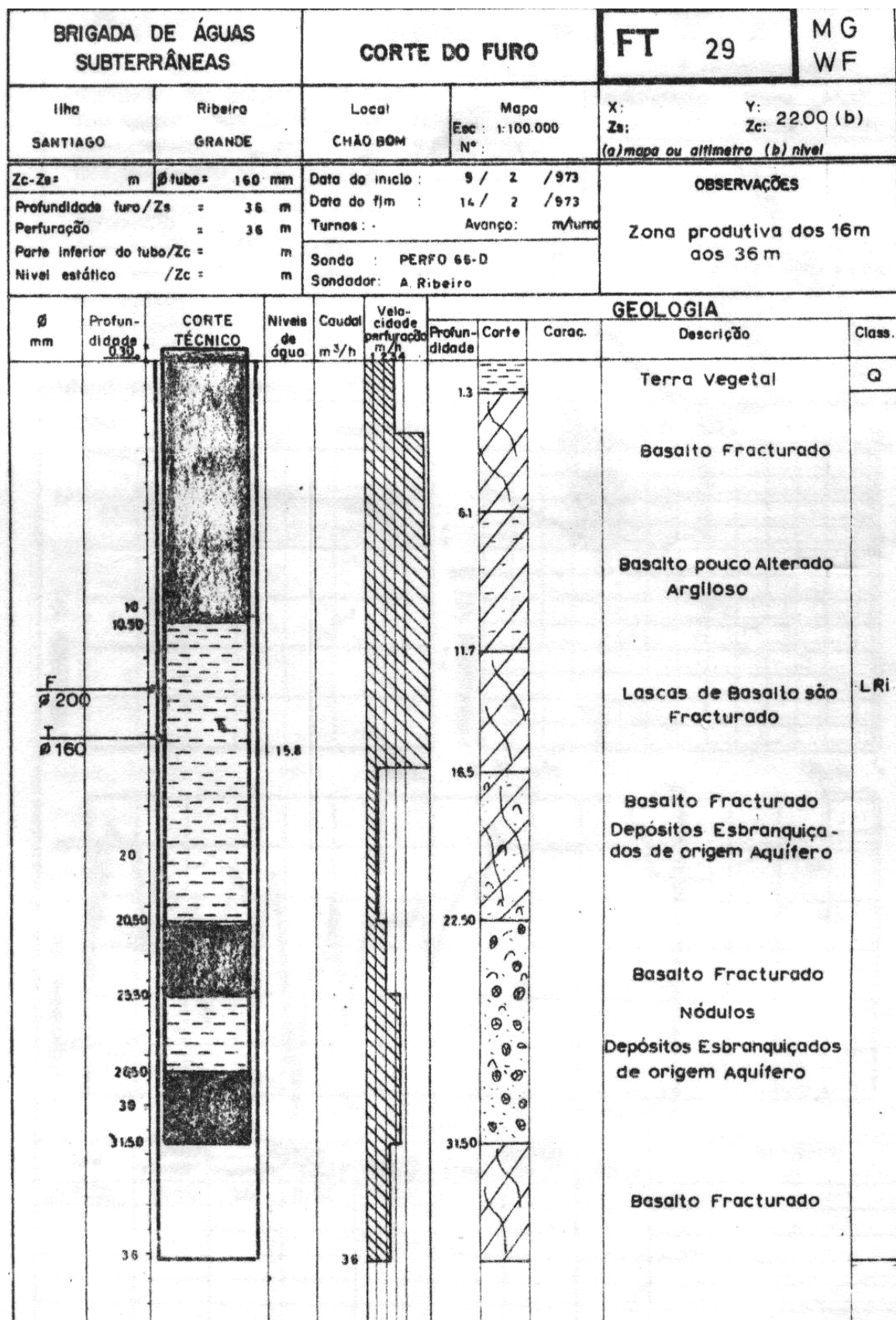


fig. 6.2.3. Corte do Furo FT-29, Chão Bom do Tarrafal. Exemplo da Ficha de Furo de Captação

Fonte: Alberto da Mota Gomes, Praia, 1980





Do primeiro inventário, sistemático, analítico e detalhado, resultaram dois mil duzentos e oitenta e sete (2.287) pontos de água em toda a ilha de Santiago (furos, nascentes, poços, galerias, captações nas ribeiras, emergências, etc.).

Foram seleccionados os pontos de água de maior produtividade e implantados na carta topográfica da ilha de Santiago na escala de 1:100.000, com indicação de volumes de água extraídos.

tab. 6.2.1.Exploração dos pontos de água de maior produtividade da Ilha de Santiago resultante do primeiro inventário realizado

Folha n.º	Poços Q > 20m³/d	Poços Q < 20m³/d	Nascentes Q > 20m³/d	Nascentes Q <20m³/d	Furos (m³/d)	Caudal (m³/d)
48	1					40
48		10				60
48			0			0
48				4		8,5
48					1	420
48						528,5
49	1					160
49		10				53
49			0			0
49				5		7,7
49					0	0
49						220,7
50	4					1.026
50		4				20
50			0			0
50				10		53,2
50					1	300
50						1.399,2
51	12					592
51		213				714
51			9			1.284,7
51				165		435,4
51					2	150
51						3.176,1
52	44					2.916
52		77				478
52			0			0
52				11		33
52					9	1.528
52						4.955

tab. 6.2.1.(continuação) Exploração dos pontos de água de maior produtividade da Ilha de Santiago resultante do primeiro inventário realizado

Folha n.º	Poços Q > 20m³/d	Poços Q < 20m³/d	Nascentes Q > 20m³/d	Nascentes Q <20m³/d	Furos (m³/d)	Caudal (m³/d)
53	0					0
53		2				10
53			5			500
53				2		10
53					0	0
53						520
54	24					1.360
54		45				225
54			46			2.500
54				351		1.755
54					2	284
54						6.644
55	69					5.314
55		107				535
55			12			750
55				57		320
55					21	4.448
55						11.367
56	34					1.980
56		34				405
56			0			0
56				0		0
56					8	1.120
56						3.505
57	0					0
57		3				43
57			4			360
57				17		162
57					2	164~
57						729
58	42					2.483
58		126				942
58			7			1.797
58				41		196
58					4	185
58						5.603
59	2					330
59		14				124
59			0			0
59				7		67
59					0	0
59						521

Tabela 6.2.2. Quadro resumo – Exploração dos pontos de água de maior produtividade da Ilha de Santiago resultante do primeiro inventário sistemático, analítico e detalhado, realizado

Pontos de Água	Poços Q > 20m³/d	Poços Q < 20m³/d	Nascentes Q > 20m³/d	Nascentes Q < 20m³/d	Furos (m³/d)	Caudal (m³/d)
	1					
	233					16.201
		645				3.609
			83			7.191,7
				670		3.047,8
					50	8.599
						38.648,5
Total						1.681

### 6.3. REDE DE OBSERVAÇÃO E CONTROLO

Na medida em que a exploração dos Recursos Hídricos não pode ser encarada sem se ter a implementação de uma rede de observação e controlo que forneça informações contínuas e periódicas necessárias e indispensáveis, a Direcção dos Serviços de Exploração e Gestão de Águas Subterrâneas (DSEGAS), hoje Instituto Nacional de Gestão e Recursos Hídricos (INGRH), definiu uma rede de observação e controlo da ilha de Santiago que, em linhas gerais e com ligeiras alterações, tem vindo a ser utilizada desde início dos anos setenta até à actualidade.

Devido à grande irregularidade das quedas pluviométricas nos últimos anos, com particular incidência a partir de 1968 e, simultaneamente, com o aumento da exploração dos pontos de água nas principais Bacias Hidrográficas, fez-se sentir a necessidade de implementação de um controlo apertado e rigoroso da exploração, tendo em vista precaver-se da possível intrusão salina nas zonas costeiras (a jusante dos vales, casos concretos da Ribeira Seca, da Ribeira dos Picos, da Ribeira de Santa Cruz, da Ribeira de Achada Baleia, de Chão Bom) e do empobrecimento ou/e mesmo esgotamento das reservas hídricas nas partes alta e média da ilha (Brigada de Águas Subterrâneas de Cabo Verde e BURGEAP– Notas Técnicas, 1971– 1973); (Brigada de Águas Subterrâneas de Cabo Verde e BURGEAP– Notas Internas, 1971– 1973); Nations Unies (DP/UN/CVI–75–001/1–Cap Vert, 1980).

A observação e controlo da exploração têm por finalidade os seguintes objectivos, com a finalidade de se introduzir todas as correcções julgadas convenientes e pertinentes:

A conservação dos recursos em água.

- > Controlo da evolução dos níveis piezométricos.
- > Controlo e luta contra a intrusão salina.

- > Controlo de bombagem, cujo caudal diário não deve ser superior ao aconselhado tecnicamente pela entidade responsável.

O Controlo da qualidade da água:

- > Análise química.
- > Análise bacteriológica

O Exercício da fiscalização.

A relativa facilidade de exploração das águas subterrâneas na ilha de Santiago agrava os riscos de sobre exploração que se poderá traduzir quer através da intrusão salina, nas áreas litorais dos aquíferos (caso verificado com o furo FT-38, na Achada Baleia), quer mediante a observação de um abaixamento pronunciado das reservas hídricas, no interior da ilha (caso do furo FT-42, na Achada Baleia).

É nosso entendimento que se deve ter sempre presente que a exploração nunca deve ser feita acima da taxa média de renovação (excepção feita para casos muito especiais), o que implica uma observação e controlo extremamente rigorosos.

### 6.3.1. Controlo Hidrogeológico nos anos 2002, 2003, 2004, 2005 e 2006

Deve-se frisar que actualmente o controle hidrogeológico é efectuado de acordo com um programa pré-estabelecido. São controlados, essencialmente, os caudais, as horas de bombagem e a leitura dos contadores dos furos de exploração, o nível piezométrico quer em piezómetros, quer em poços, as medições dos caudais das nascentes, assim como a condutividade eléctrica e a temperatura das águas dos pontos visitados.

Os pontos de água utilizados durante estes cinco anos de observação e controlo, são os que se indicam na Tabela 6.3.1.1

tab. 6.3.1.1. Dados do INGRH (Divisão de Exploração e Gestão)

	2002	2003	2004	2005	2006
Furos	138	136	143	145	155
Piezómetros	24	24	25	25	25
Nascentes/galerias	41	46	41	41	41
Poços	72	72	81	81	81

As observações realizadas permitiram constatar que:

- > **Furos de exploração**

Existem alguns furos que estão sendo sub ou sobre explorados.

Constatou-se, ainda, que as captações de água subterrânea nas bacias da Ribeiras de S. Domingos, da Ribeira Seca e da Ribeira de St<sup>a</sup> Cruz foram as mais exploradas na ilha de Santiago no ano 2002, e com caudais e horas de bombagem

elevadíssimos, muitas vezes. Assim, torna-se evidente a necessidade de um controle de exploração mais apertado nessas ribeiras supracitadas.

Existem, todavia, concelhos aonde a gestão do sistema tem sido feita com certo rigor, casos de Tarrafal, de St<sup>a</sup> Catarina, de São Miguel.

Deve-se salientar que é o concelho de Santa Cruz o que consome maior quantidade de água para irrigação, não só pelo facto da área de regadio nesse concelho ser maior, mas também, pelo facto de serem utilizadas técnicas de irrigação que não facilitam a poupança de água.

> **Piezómetros**

Vinte e quatro (24/25) furos piezométricos foram seguidos de dois em dois meses normalmente.

Existem concelhos em que o número de piezómetros que são controlados é bastante reduzido.

Existem algumas bacias hidrográficas que são altamente exploradas, mas que, contudo, não possuem um único piezómetro ou existem em número muito reduzido.

Também se deve destacar a existência de alguns piezómetros que não são controlados quer por se encontrarem entupidos quer por terem a cabeça calcinada.

> **Nascentes/galerias**

As mais de quarenta nascentes/galerias pertencentes à rede de controlo foram seguidas normalmente.

> **Poços**

À semelhança dos piezómetros e das nascentes, foram controlados 72 poços, de dois em dois meses, número que subiu para 81, nos anos 2004, 2005 e 2006.

Tendo em conta os furos explorados em toda a ilha em 2005, foi elaborado a Fig. 6.3.1.1, onde se pode ver que o concelho de Santa Cruz é onde existem mais furos.

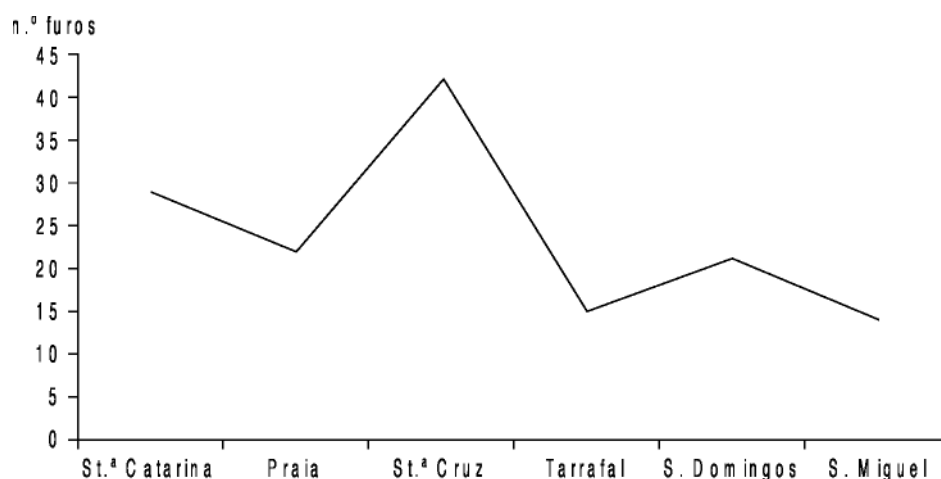


fig. 6.3.1.1. Furos explorados na ilha de Santiago em 2005

Comparando os dados relativamente à exploração de furos nos anos 2002, 2003 e 2004, obtém-se a relação que se indica a Fig. 6.3.1.2:

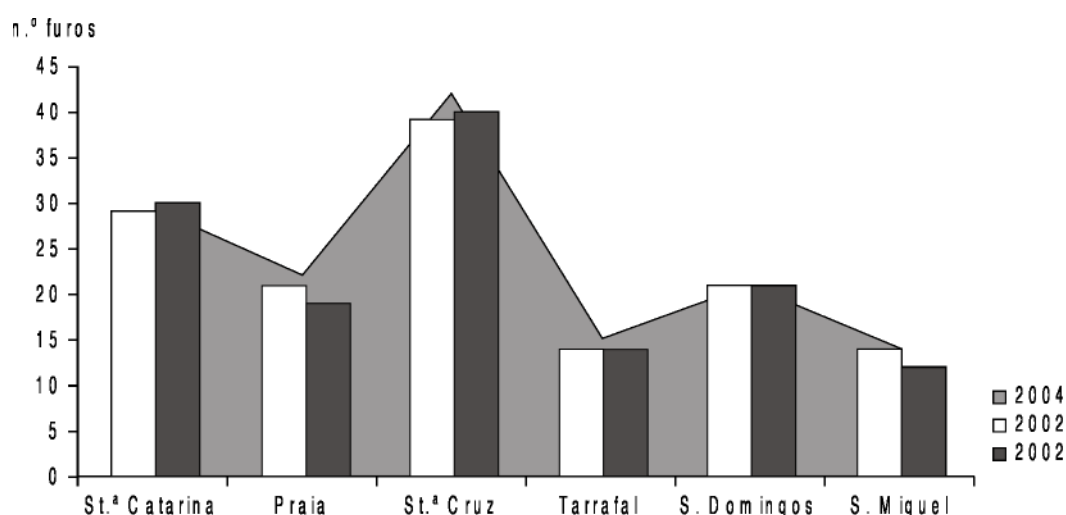


fig. 6.3.1.2. Análise dos furos explorados na Ilha de Santiago de 2002 a 2005

De acordo com os dados apresentados nas tabelas 6.3.1.1 e 6.3.1.2. observa-se que houve crescimento de exploração de 7,2% de 2001 a 2002 e também de 5,5% do ano 2002 para 2003, enquanto que se regista um decréscimo de 8,5% de 2003 a 2004. Estes valores mostram haver uma certa regularidade na exploração dos recursos subterrâneos. No entanto, o período é demasiado curto para se poder chegar a uma conclusão fiável.

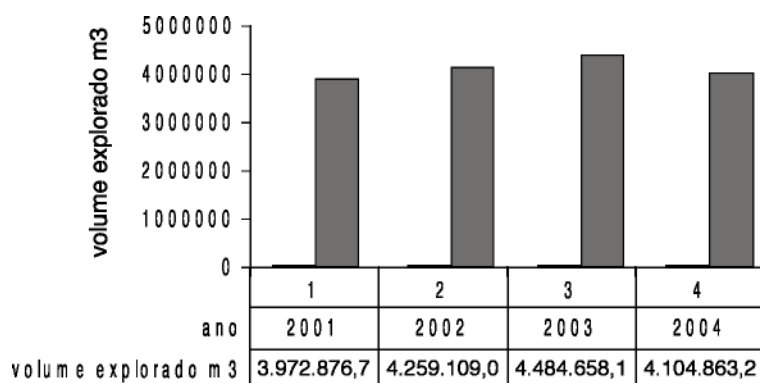


fig. 6.3.1.3. Volume de Água Explorada pelo INGRH na Ilha de Santiago – 2001 a 2005

Fonte: INGRH (Divisão de Exploração e Gestão).

tab. 6.3.1.2. Volume de água explorada nos anos de 2001 a 2005

Ano	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Volume explorado (m³)	3.972.876,76	4.259.109,00	4.484.658,17	4.104.863,24	4.075.758,00	4.052.545,38

Fonte: INGRH (Divisão de Exploração e Gestão).

## Síntese conclusiva – Rede de observação e controlo

O controlo hidrogeológico é uma actividade que deve ser seguida rigorosamente para que se possa ter uma ideia clara da evolução dos pontos de água explorados, pois esses dados têm imensas implicações, sendo as mais importantes a gestão, planificação e conservação dos recursos hídricos.

Pela análise dos dados recolhidos ao longo dos anos 2001, 2002, 2003, 2004, 2005 e 2006 chega-se à conclusão que é nas bacias das ribeiras de S. Domingos, Seca e de Stª Cruz que se verificam as maiores explorações na ilha de Santiago, devendo-se assinalar que os furos nessas citadas ribeiras foram explorados com caudais e horas de bombagem, por vezes, elevadíssimos.

Assim, torna-se necessária a implementação de um controlo rigoroso com a introdução de medidas de correcção que se tornem eficazes.

Ainda e através da análise dos dados recolhidos nos anos acima referidos, chega-se à conclusão de que o sistema de exploração e gestão tem sido feito com certo rigor nos concelhos de Tarrafal, Stª Catarina e S. Miguel.

Constatou-se que há furos piezométricos que não vêm sendo utilizados, uns porque se encontram entupidos, outros porque a cabeça do furo se encontra calcificada.

Por isso, torna-se necessária a execução de novos furos em locais onde se torna evidente a falta de furos piezométricos e de controlo salínico, assim como a recuperação de alguns, de modo a possibilitar uma adequada malha piezométrica da ilha.



## **6.4. OBSERVAÇÕES DE 2003**

A actividade hidrogeológica que ao longo de cerca de trinta e três anos temos vindo a realizar na ilha de Santiago, demonstrou ser realmente indispensável que se proceda a um controlo extremamente rigoroso da exploração das águas subterrâneas, quer no domínio volumétrico quer no domínio salínico, incidindo sobre os aquíferos basáltico e aluvionar.

Outro facto saliente dessa experiência acumulada demonstra, de forma clara e inequívoca, a necessidade imperiosa de serem aproveitados os Recursos Hídricos Superficiais, nomeadamente através de barragens, em simultâneo com a exploração dos Recursos Hídricos Subterrâneos. Só desta forma será possível praticar uma Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (incluindo a água dessalinizada), tão importante para o desenvolvimento sócio-económico da ilha de Santiago.

A descrição destes 132 pontos de água, por nós seguidos, apresenta-se distribuída nas cartas topográficas na escala 1:25.000, dos números 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58 e 59 que representam a ilha de Santiago (em anexo).

### **6.4.1. Observações efectuadas na estação “seca” ou “das brisas” – Junho e Julho**

Nos meses de Junho e de Julho foram observados os cento e trinta e dois (132) pontos de água (tab. 6.4.1.1. e 6.4.1.2.) que se assinalam nas cartas anteriormente referidas, pontos esses que são regularmente explorados e pode-se afirmar que todas as Formações Geológicas têm contribuído, embora de acordo com as suas potencialidades hidrogeológicas, para o fornecimento de água para as necessidades das populações.

O Complexo Eruptivo Interno Antigo (CA), a Formação dos Flamengos ( ) e a Formação dos Órgãos (CB), as formações mais antigas, possibilitam a exploração de uma quantidade de água estimada entre 5 a 7 m<sup>3</sup>/h por captação. A condutividade eléctrica é da ordem de 1000 a 2000 µS/cm. A Formação do Complexo Eruptivo do Pico de Antónia (PA) e a Formação de Assomada (A), que constituem a principal unidade aquífera da ilha de Santiago, têm proporcionado captações com maior produtividade, tendo ainda águas de melhor qualidade, sendo a condutividade eléctrica da ordem dos 400 a 1000 µS/cm (sendo 400 a condutividade eléctrica ao se iniciar a exploração e 1000 com o avançar da exploração, nos mantos basálticos submarinos do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia – LRI), enquanto que nos mantos basálticos subaéreos do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia e da Formação da Assomada, a condutividade eléctrica pouco de tem alterada.

tab. 6.4.1.1. (continuação) Características gerais dos 132 pontos de água distribuídos por toda a ilha no âmbito desta dissertação na estação “seca ou das brisas”

N.º	Ref	Folha	Loca- lização	Ponto de Água	Geologia	Caudal		Condutividade (µS/cm)	Tº (°C)	Nível (m)	Exploração (início)	Finalidade
						Furo	Nascente					
1	48	Fazenda	Furo	CB	45	–		2380	26,5		16-02-2000	Irrigação
			FBE- 194									
2	48	Achada	Furo	de/PA				3171	27,1	19,87		Piezómetro
		Colonato	SST- 34									
3	48	Ponto Ferro	Furo	AIPA		690		25	13,85			Piezómetro
		(Chão Bom)	FT-27	(LRi)								
4	48	Pedra	Nasc. 26	dvPA	–	8		790	21,1	–	–	Abastecimento
		Empena										
5	48	Colonato	Poço 22	de				1002	27, 5	2, 63	–	Sem utilização
6	48	João Vaz	Nasc. 30	PA		6		630	27,5		–	Abastecimento dos animais
7	48	Chão Bom	Poço 9	de				1140	27, 3	3,02	–	Sem utilização
8	49	Biscainho	Poço 22	Al				8220	23,9	7,1	–	Abastecimento de animais
9	49	Pedra	Furo	PA	–			2870	25	62,17	–	Piezómetro
		Comprida	SST- 15									
10	49	Cabeça	Furo	PA	–			1370	26,6	93,51	–	Piezómetro
		do Leão	SST- 10									
11	49	Achada	Furo	PA	–			1850	26, 9	92,33	–	Piezómetro
		Tomás	SST -35									
12	49	Achada	Furo	PA	–			1160	26, 8	93,68		Piezómetro
		Tomás	SST- 25									
13	49	Cobom	Nasc. 5	CBm		3		1020	24, 7	–		Sem utilização
		Largo										
14	49	Baía de	Nasc. 18	CBm		10		2640	28, 5	–		Abastecimento de animais
		Madronho										
15	49	Angra	Nasc. 16	PA/CA		2		2220	24, 3	–		Irrigação
16	49	Achada	Furo	PA	45			920	27, 2	–	25/02/87	Abastecimento
		Tomás	SST- 30									
17	49	Achada	Furo	PA	240			515	25, 2	–	02/11/82	Abastecimento e Irrigação
		Tomás	SST- 21									
18	49	Achada	Furo	PA				1410	25, 1	68,57		Piezómetro
		Tomás	SST- 31									
19	49	Lém	Furo	Al/PA	360			963	24, 8	–	05/02/73	Abastecimento e Irrigação
		Mendes	FT - 29									
20	49	Lém	Furo	Al/PA	80			572	26, 1	–	13/08/89	Abastecimento
		Mendes	FBE -129	(LRi)								
21	49	Chão	Poço 19	Al				4930	24, 2	5, 97		Sem utilização
		de Ferro										
22	50	Ribeira	Poço 5	Al				845	25,8	6,4		Abastecimento animais
		de Cuba										
23	50	Ribeira	Furo	Al/A	120			1350	25,3		04/04/97	Abastecimento
		de Charco	FBE - 170									
24	50	Angra	Nasc. 20	PA		40		450	27.0			
25	50	Ribeira	Furo	Al/A	96			1840	27,9			Irrigação e Indústria
		de Charco	FBE - 201									

tab. 6.4.1.1. (continuação) Características gerais dos 132 pontos de água distribuídos por toda a ilha no âmbito desta dissertação na estação “seca ou das brisas”

N.º	Ref	Folha	Loca- lização	Ponto de Água	Geologia	Caudal		Condutividade (µS/cm)	Tº (°C)	Nível (m)	Exploração (início)	Finalidade
						Furo	Nascente					
26	50		Angra	Nasc. 18	PA		30	462	27,3			
27	50		Angra	Nasc. 10	PA		20	458	27,6			
28	51		Porto Formoso	Poço 91	AI			3320	25,8	5,2		Irrigação
29	51		Ribeira de Cuba	Furo FBE – 150	AI/PA	45		474	26,1	–	18/05/94	Abastecimento e Irrigação
30	51		Ribeira das Pratas	Furo FBE – 151	AI/PA	140		363	24,5		20/06/94	Abastecimento e Irrigação
31	51		Porto Formoso	Nasc. 95	PA		3	590	27,3			Abastecimento
32	51		Águas Podres	Nasc. 6/7/8	A		492	690	25,1			Abastecimento e Irrigação
33	51		Ribeira Principal	Nasc. 123	PA	10		510	22,6			Irrigação
34	51		Boca Ribeira Principal	Poço 273	AI			1064	26	12		Irrigação
35	51		Porto Hortelã	Furo FBE – 188	PA	66		626	26,6			
36	51		Chã de Horta	FBE – 112	PA	32		1040	25,2		26/06/88	Abastecimento e irrigação
37	51		Machado	Nasc. 201	PA		50,8	529	24,2	–	–	Abastecimento e Irrigação
38	51		Salto Acima	Nasc. 270	Ir		–	–	–	–	–	Seco
39	51		Mato Mendes	Furo FBE – 131	PA	15		400	25,2		18/12/89	Abastecimento
40	51		Milho Branco	Furo FBE – 113	PA	15		462	24,7		09/07/87	Abastecimento
41	51		Flamengos	Furo FT – 5	Ir	40		1220	28	–	–	Abastecimento e Irrigação
42	51		Chã de Ferro	Nasc. 253	PA		10	973	24,3	–	–	Irrigação
43	51		Achada Fora	Furo FBE 73	MV/A	67,5		446	25,6	–	03/08/86	Abastecimento
44	52		Ponta Verde	Poço 29	AI		–	2500	26,6	8,95	–	Irrigação
45	52		Ribeireta	FT 39	AI/PA (LRi)	200		1420	26	–	08/08/75	Irrigação
46	52		Calhetona	Furo FT 62	AI/Ir		–	1980	26,5	6,2	–	Piezómetro
47	52		Calhetona	Furo SP 12	AI/Ir	360		2690	26,5		07/01/73	Irrigação
48	52		Salto	Furo FT 47	Ir	48		1580	27,0	–	–	Abastecimento e Irrigação
49	52		Salto	Poço 81	AI		–	7160	24,8	6,58	–	Irrigação
50	52		Flamengos	Furo FBE 145	Ir	16		1380	27,9	–	09/09/92	Abastecimento e Irrigação
51	52		Salto	Nasc. 154	Ir		2	1630	27,5	–	–	Irrigação
52	52		Ribeirão Boi	Nasc. 33	Ir		70	1220	27,9	–	–	Irrigação
53	52		Ribeira dos Picos	Poço 42	AI		–	12250	27,3	4,3	–	Sem utilização
54	52		Coqueiro	Poço 126	AI		–	6320	23,6	4,80	–	Irrigação

tab. 6.4.1.1. (continuação) Características gerais dos 132 pontos de água distribuídos por toda a ilha no âmbito desta dissertação na estação “seca ou das brisas”

N.º	Ref	Folha	Loca- lização	Ponto de Água	Geologia	Caudal		Condutividade (µS/cm)	Tº (°C)	Nível (m)	Exploração (início)	Finalidade
						Furo	Nascente					
55	52		Cabeça de Horta	Poço 132	Al		–	1150	25,3	7,5	–	Irrigação
56	53		Achada Leite	Nasc. 12	PA		8,6	778	27, 8			Abastecimento e irrigação
57	53		Achada Leite	Nasc. 10	PA		120	816	28, 5			Irrigação
58	53		Achada Leite	Nasc. 2	Al/CA		–	927	24, 3			Irrigação
59	54		Boa Entrada	Nasc. 128	A/CA		172,8	550	25, 1			Irrigação
60	54		Achada Igreja	FBE – 97	PA/CA	30		1680	27, 2		10/11/88	Abastecimento
61	54		Mato Sancho	Poço 436	Al			1370	27, 6	1, 08		Irrigação
62	54		Mosquito de Horta	Furo FT– 227	PA	16		540	28		11/03/88	Abastecimento e Irrigação
63	54		Boa Entrada (Polom)	Furo FBE –74	CA	36		1780	26, 3		08/12/86	Abastecimento e Irrigação
64	54		Boa Entradinha	Poço 456	Al			1350	26,4	7		Irrigação
65	54		Achada Galego	Furo FBE116	A	150		526	25, 1		26/08/88	Abastecimento
66	54		Ribeira de Sedeguma	Nasc. 6	A/CA		14,4	950	27,3			Abastecimento de animais e Irrigação
67	54		Pinha de Engenho	Furo FBE –89	CA	30		1290	28,1		15/05/89	Abastecimento
68	54		João Bernardo	Furo FBE –95	PA	36		428	27		05/06/87	Abastecimento
69	54		Carris Morto	Furo FBE –161	A	360		613	25, 1		05/06/95	Abastecimento
70	54		Ribeira Selada	Nasc. 118	PA/Ir		172,8	540	27			Abastecimento e Irrigação
71	54		Várzea Santana	Furo FT– 21	PA	52		1256	24,5		19/06/73	Abastecimento e Irrigação
72	55		Telha	Furo FT– 81	Ir	57,6		1270	25,5		04/10/84	Abastecimento e Irrigação
73	55		Água de Gato	Nasc. 472	PA		57,6	430	25,3			Abastecimento e Irrigação
74	55		Lagoa	Nasc. 555	PA		108	480	22,8			Abastecimento e Irrigação
75	55		Monte Negro	Furo FT– 78	PA	192		3100	27,5		11/07/74	Irrigação
76	55		Neta Gomes	Furo FT –13	CA	32		1615	25		06/09/73	Irrigação
77	55		Paulado	Furo FBE –169	PA (LRi)			1250	26,3		22/08/02	Irrigação
78	55		Cutelo Coelho	Furo FT –63	PA (LRi)	405		1150	25,5		18/08/73	Abastecimento e Irrigação
79	55		Caiumbra	Furo FBE –56	CB	57,6		1245	26,2		17–04–1985	Irrigação
80	55		Boca Larga	Poço 338	Al			916	23,5	1,37		Irrigação

tab. 6.4.1.1. (continuação) Características gerais dos 132 pontos de água distribuídos por toda a ilha no âmbito desta dissertação na estação “seca ou das brisas”

N.º	Ref	Folha	Loca- lização	Ponto de Água	Geologia	Caudal		Condutividade (µS/cm)	T° (°C)	Nível (m)	Exploração (início)	Finalidade
						Furo	Nascente					
81	55		Boca Larga	Nasc. 306	Al			1180	25,7			Irrigação
82	55		Chã de Vaca	Furo FT –23	CB	49,6		1180	26,7		01/08/74	Abastecimento e Irrigação
83	55		S. Domingos (Diocese)	Furo PT – 29	CA	8.0		2100	27		22/02/89	Abastecimento e Irrigação
84	55		Variante (S. Domingos)	Furo FT – 14	CA/PA (LRi)	24		1554	26,4		18/04/74	Irrigação
85	55		Jaracunda	Furo FT –12		300		1440	25,2		04/06/73	Irrigação
86	55		Ribeira dos Picos	Furo FT – 59	PA	400		950	27,8		08/10/74	Abastecimento e Irrigação
87	55		Macati	Furo FT – 9	PA (LRi)	400		1270	26,3		06/03/73	Abastecimento e Irrigação
88	55		Ribeirão Boi	Nasc. 538	Ir		20	1360	26,3			Irrigação
89	55		Bom Pó	Poço 76	Al			1798	26,7	3,45		Irrigação
90	56		Achada Baleia	Furo FT–40	PA	154		1480	27,7		02/02/76	Irrigação
91	56		Baia	Furo FT–44	PA	220		2220	28,5		19/07/77	Irrigação
92	56		Doby	Furo FT–208	Ir	55		1390	29,5		18/01/85	Abastecimento e Irrigação
93	56		Achada Baleia	Furo FT–42	PA	77		1486	28,0		27/03/73	Irrigação
94	56		Portal	Furo FBE–157	PA	55		1686	25,4		20/04/00	Irrigação
95	56		Castelo Grande	Poço 105	Al							Praticamente seco
96	56		Castelo Grande	Poço 4	Al			1480	25,4	7,12		Irrigação
97	56		Castelinho	Poço 111	Al			1100	25,6	5,34		Irrigação
98	56		Praia Baixo	Furo FT–109	PA	88		7820	26,5		06/01/78	Irrigação
99	56		Baia	Poço 88	Al			5830	27,0	8,4		Irrigação
100	56		Baia	Poço 87	Al			5560	25,2	8,23		Irrigação
101	56		Praia Baixo	Poço 44	Al			1540	25,4	12,72		Irrigação
102	56		Moia– Moia	Poço 114	Al			1820	26,6	8		Irrigação
103	57		Santa Clara	Furo FBE–138	PA (LRi)	216		760	19,3		13/06/90	Abastecimento
104	57		Santana	Nasc.19	PA		157	380	26,6			Abastecimento e Irrigação
105	57		São João Baptista	Furo FT–153	Ir	144		1000	28,9		13/09/74	Abastecimento e Irrigação
106	57		Belém	Nasc.8	PA							Seco
107	57		São Gonçalo	Nasc. 14	PA		8	440	26,8			Abastecimento
108	57		Delgado	Nasc. 30	PA/Ir		4	920	27,7			Abastecimento dos animais
109	57		Alfarroba	Furo FT–353	PA/Ir	104		821	27		07/03/90	Abastecimento e Irrigação
110	57		Ribeira Gem–Gem	Nasc. 31	Ir		3	930	28,6			Abastecimento dos animais

tab. 6.4.1.1. (continuação) Características gerais dos 132 pontos de água distribuídos por toda a ilha no âmbito desta dissertação na estação “seca ou das brisas”

N.º	Ref	Folha	Loca- lização	Ponto de Água	Geologia	Caudal		Condutividade (µS/cm)	Tº (°C)	Nível (m)	Exploração (início)	Finalidade
						Furo	Nascente					
111	58		Águas Verdes	Nasc. 9	PA		614	377	26,2			Abastecimento e Irrigação
112	58		Bica	Nasc.3	PA		61,7	420	26,4			Irrigação
113	58		Convento	Nasc. 1	PA		792	408	26,9			Abastecimento e Irrigação
114	58		Ribeira Grande	Poço 2	Al/LRi			3140	24,5	6,8		Irrigação
115	58		Águas Verdes	Nasc. 10+11	PA		864	380	26,1			Abastecimento e Irrigação
116	58		Lapa	Furo FBE – 1	PA	400		364	24,8		29/09/87	Abastecimento
			Cachorro									da Praia e Salineiro
117	58		Trindade	Nasc. 53	PA		61.7	420	26,4			Abastecimento
118	58		Assembleia Nacional	Furo FBE-44	PA			1060	27,3	28		Piezómetro
119	58		João Varela	Furo FT-202	PA	514		370	28,0		16/06/80	Abastecimento
120	58		João Varela	Furo FBE-58	PA	272		400	27,5		24/02/88	Abastecimento
121	58		S. Martinho Pequeno	Furo FBE – 18	PA	60		490	26,6		28/01/92	Irrigação
122	58		João Varela	Nasc. – 23	PA		66,4	420	26,4			Abastecimento e Irrigação
123	58		João Varela	Nasc.– 22+24	PA		34,5	411	27,7			Abastecimento e Irrigação
124	58		Sanharé	Nasc.– 257	PA		11,3	478	26,7			Abastecimento e Irrigação
125	58		Ribeirão Chiqueiro	Furo FBE – 53	PA	144		740	26,4			Abastecimento
126	58		S. Jorginho	Nasc. – 56	PA/CA		24,3	610	26,3			Abastecimento e Irrigação
127	59		S. Francisco	Nasc. – 24	PA/CA		20	1810	25,2			Irrigação
128	59		S. Francisco	Poço – 18	Al							Entupido
129	59		Porto Lobo	Poço – 30	Al							Seco
130	59		Portete	Poço – 9	Al							Seco
131	59		S. Tomé	Poço – 6	Al							Seco
132	59		Portinho	Poço – 10	Al			53510	25			Sem utilização

tab. 6.4.1.2. Pontos de Água por carta

	Nascente	Furo	Poço	Total
Folha 48	2	3	2	7
Folha 49	3	9	2	14
Folha 50	3	2	1	6
Folha 51	6	8	2	16
Folha 52	2	5	5	12
Folha 53	3	0	0	3
Folha 54	3	8	2	13
Folha 55	4	12	2	18
Folha 56	0	6	7	13
Folha 57	5	3	0	8
Folha 58	9	6	1	16
Folha 59	1	0	5	6
Total	41	62	29	132

Fonte: Alberto Mota Gomes e A. Filipe Lobo de Pina, 2003

#### 6.4.2. Seguimento de pontos de água durante a estação “das águas” ou “das chuvas” – Outubro e Novembro

Fizemos o seguimento dos pontos de água no período Outubro/Novembro, que coincidiu com boas quedas pluviométricas e bem repartidas no espaço e no tempo, o que permitiu um ano agrícola, que foi considerado de razoável.

Foi possível sentir a reacção dos pontos de água observados nesses meses de Outubro e Novembro de 2003, quer no que respeita à extracção, quer quanto à variação da condutividade eléctrica observada nos trabalhos de campo e, posteriormente, controlada pelos resultados das análises laboratoriais realizadas no Instituto Nacional de Investigação e Desenvolvimento Agrário (INIDA), Entidade Nacional que colaborou connosco neste trabalho.

tab. 6.4.2.1. Características gerais dos 132 pontos de água distribuídos por toda a ilha no âmbito desta dissertação na estação das “águas” ou das “chuvas “

N.º	Ref	Folha	Loca- lização	Ponto de Água	Geologia	Caudal		Condutividade (µS/cm)	Tº (°C)	Nível (m)	Exploração (início)	Finalidade
						Furo	Nascente					
3	48		Ponto Ferro (Chão Bom)	Furo FT-27	AIPA			690	25,0	13,85		Piezómetro
4	48		Pedra Empena	Nasc. 26	dvPA	-	8,0	790	21,1	-	-	Abastecimento
5	48		Colonato	Poço 22	de			1002	27, 5	2, 63	-	Sem utilização
6	48		João	Nasc. 30	PA		6,0	630	27,5		-	Abastecimento dos animais
7	48		Chão Bom	Poço 9	de			1140	27, 3	3,02	-	Sem utilização
8	49		Biscaíinho	Poço 22	AI			8220	23,9	7,10	-	Abastecimento de animais
9	49		Pedra Comprida	Furo SST-15	PA	-		2870	25,0	62,17	-	Piezómetro
10	49		Cabeça do Leão	Furo SST-10	PA	-		1370	26,6	93,51	-	Piezómetro
11	49		Achada Tomás	Furo SST-35	PA	-		1850	26, 9	92,33	-	Piezómetro
12	49		Achada Tomás	Furo SST-25	PA	-		1710	26, 8	93,68		Piezómetro
13	49		Cobom Largo	Nasc. 5	CBm		3,0	1020	24, 7	-		Sem utilização
14	49		Baía de Madronho	Nasc. 18	CBm		10,0	2640	28, 5	-		Abastecimento de animais
15	49		Angra	Nasc. 16	PA/CA		2,0	2020	24, 3	-		Irrigação
16	49		Achada Tomás	Furo SST-30	PA	45		920	27, 2	-	25/02/87	Abastecimento
17	49		Achada Tomás	Furo SST-21	PA	240		515	25, 2	-	02/11/82	Abastecimento e Irrigação
18	49		Achada Tomás	Furo SST-31	PA	-		1410	25, 1	68,57		Piezómetro
19	49		Lém	Furo	AI/PA	330		963	24, 8	-	05/02/73	Abastecimento
20	49		Mendes Lém	FT-29 Furo	AI/PA	80		572	26, 1	-	13/08/89	e Irrigação Abastecimento
21	49		Mendes Chão de Ferro	FBE-129 Poço 19	AI			4930	24, 2	5, 97		Sem utilização
22	50		Ribeira de Cuba	Poço 5	AI			845	25,8	6,40		Abastecimento animais
23	50		Ribeira de Charco	Furo FBE-170	AI/A	120,0		1350	26,5		04/04/97	Abastecimento
24	50		Angra	Nasc. 20	PA		40	450	27,0			



tab. 6.4.2.1. (continuação) Características gerais dos 132 pontos de água distribuídos por toda a ilha no âmbito desta dissertação na estação das “águas” ou das “chuvas “

N.º	Ref	Folha	Loca- lização	Ponto de Água	Geologia	Caudal m3/d	Condutividade (µS/cm)	Tº (°C)	Nível (m)	Exploração (início)	Finalidade
						Furo	Nascente				
25	50		Ribeira de Charco	Furo FBE-201	AI/A	96,0		1840	27,9		Irrigação e Indústria
26	50		Angra	Nasc. 18	PA		30	462	27,3		
27	50		Angra	Nasc. 10	PA		20	458	27,6		
28	51		Porto Formoso	Poço 91	AI			3320	25,8	5,20	Irrigação
29	51		Ribeira de Cuba	Furo FBE – 150	AI/PA	45,0		474	26,1	–	18/05/94 Abastecimento e Irrigação
30	51		Ribeira das Pratas	Furo FBE – 151	AI/PA	140,0		363	24,5		20/06/94 Abastecimento e Irrigação
31	51		Porto Formoso	Nasc. 95	PA		3,0	590	27,3		Abastecimento
32	51		Águas Podres	Nasc. 6/7/8	A		492,0	690	25,1		Abastecimento e Irrigação
33	51		Ribeira Principal	Nasc. 123	PA		10,0	510	22,6		Irrigação
34	51		Boca Ribeira Principal	Poço 273	AI			1064	26,0	12,0	Irrigação
35	51		Porto	Furo	PA	66,0		626	26,6		18/06/99 Abastecimento
36	51		Hortelã Chã de Horta	FBE-188 FBE – 112	PA	32,0		1040	25,2		26/06/88 Abastecimento e irrigação
37	51		Machado	Nasc. 201	PA		50,8	529	24,2	–	– Abastecimento e Irrigação
38	51		Salto Acima	Nasc. 270	??		–	–	–	–	– Seco
39	51		Mato Mendes	Furo FBE-131	PA	15,0		400	25,2		18/12/89 Abastecimento
40	51		Milho Branco	Furo FBE-113	PA	15,0		462	24,7		09/07/87 Abastecimento
41	51		Flamengos	Furo FT-5	??	40,0		1220	28,0	–	– Abastecimento e Irrigação
42	51		Chã de Ferro	Nasc. 253	PA		10,0	973	24,3	–	– Irrigação
43	51		Achada Fora	Furo FBE 73	MV/A	67,5		446	25,6	–	03/08/86 Abastecimento
44	52		Ponta Verde	Poço 29	AI		–	2500	26,6	8,95	– Irrigação
45	52		Ribeireta	FT 39	AI/PA	200,0		1420	26,0	–	08/08/75 Irrigação
46	52		Calhetona	Furo FT 62	AI/??		–	1980	26,5	6,20	– Piezómetro
47	52		Calhetona	Furo SP 12	AI/??	360,0		2690	26,5		07/01/73 Irrigação

tab. 6.4.2.1. (continuação) Características gerais dos 132 pontos de água distribuídos por toda a ilha no âmbito desta dissertação na estação das “águas” ou das “chuvas “

N.º	Ref	Folha	Loca- lização	Ponto de Água	Geologia	Caudal		Condutividade (µS/cm)	Tº (°C)	Nível (m)	Exploração (início)	Finalidade
						Furo	Nascente					
48	52		Salto	Furo FT 47	??	48,0		1580	27, 0	–	–	Abastecimento e Irrigação
49	52		Salto	Poço 81	AI		–	7160	24,8	6,58	–	Irrigação
50	52		Flamengos	Furo FBE 145	??	16,0		1380	27, 9	–	09/09/92	Abastecimento e Irrigação
51	52		Salto	Nasc.154	??		2,0	1630	27, 5	–	–	Irrigação
52	52		Ribeirão	Nasc. 33 Boi	??		70,0	1220	27, 9	–	–	Irrigação
53	52		Ribeira dos Picos	Poço 42	AI		–	12250	27, 3	4,30	–	Sem utilização
54	52		Coqueiro	Poço 126	AI		–	6320	23, 6	4, 80	–	Irrigação
55	52		Cabeça de Horta	Poço 132	AI		–	1150	25,3	7,50	–	Irrigação
56	53		Achada Leite	Nasc. 12	PA		8,6	778	27, 8			Abastecimento e irrigação
57	53		Achada Leite	Nasc. 10	PA		120,0	816	28, 5			Irrigação
58	53		Achada Leite	Nasc. 2	PA		–	927	24, 3			Irrigação
59	54		Boa Entrada	Nasc. 128	A/CA		172,8	550	25, 1			Irrigação
60	54		Achada Igreja	FBE – 97	PA/CA	30,0		1680	27, 2		10/11/88	Abastecimento
61	54		Mato Sancho	Poço 436	AI			1370	27, 6	1, 08		Irrigação
62	54		Mosquito de Horta	Furo FT– 227	PA	16,0		540	28		11/03/88	Abastecimento e Irrigação
63	54		Boa Entrada (Polom)	Furo FBE–74	CA	36,0		1780	26, 3		08/12/86	Abastecimento e Irrigação
64	54		Boa Entradinha	Poço 456	AI			1350	26,4	7,00		Irrigação
65	54		Achada Galego	Furo FBE116	A	150,0		526	25, 1		26/08/88	Abastecimento
66	54		Ribeira de Sedeguma	Nasc. 6	A/CA		14,4	950	27,3			Abastecimento de animais e Irrigação
67	54		Pinha de Engenho	Furo FBE–89	CA	30,0		1210	28,0		15/05/89	Abastecimento
68	54		João Bernardo	Furo FBE–95	PA	36,0		428	27,0		05/06/87	Abastecimento
69	54		Carris Morto	Furo FBE–161	A	360,0		613	25, 1		05/06/95	Abastecimento
70	54		Ribeira Selada	Nasc. 118	PA/??		172,8	540	20			Abastecimento e Irrigação

tab. 6.4.2.1. (continuação) Características gerais dos 132 pontos de água distribuídos por toda a ilha no âmbito desta dissertação na estação das “águas” ou das “chuvas”

N.º	Ref	Folha	Loca- lização	Ponto de Água	Geologia	Caudal		Condutividade (µS/cm)	Tº (°C)	Nível (m)	Exploração (início)	Finalidade
						Furo	Nascente					
71	54		Várzea	Furo FT- 21	PA	52,0		1256	24,9		19/06/73	Abastecimento e Irrigação
72	55		Telha	Furo FT- 81	??	57,6		1270	25,5		04/10/84	Abastecimento e Irrigação
73	55		Água	Nasc. 472	PA		57,6	430	25,3			Abastecimento e Irrigação
74	55		Lagoa	Nasc. 555	PA		108,0	480	22,8			Abastecimento e Irrigação
75	55		Monte Negro	Furo FT-78	PA	192,0		3100	27,5		11/07/74	Irrigação
76	55		Neta Gomes	Furo FT-13	CA	32,0		1615	25,0		06/09/73	Irrigação
77	55		Paulado	Furo FBE-169	PA	150,0		1250	26,3		22/08/02	Irrigação
78	55		Cutelo Coelho	Furo FT-63	PA	405,0		1150	25,5		18/08/73	Abastecimento e Irrigação
79	55		Caiumbra	Furo BE-56	CB	57,6		1245	26,2		17/04/85	Irrigação
80	55		Boca Larga	Poço 338	AI			916	23,5	1,37		Irrigação
81	55		Boca Larga	Nasc. 306	AI			1180	25,7			Irrigação
82	55		Chã de Vaca	Furo FT-23	CB	49,6		1180	26,7		01/08/74	Abastecimento e Irrigação
83	55		S. Domingos (Diocese)	Furo PT-29	CA	8,0		2100	27,0		22/02/89	Abastecimento e Irrigação
84	55		Variante S. Domingos	Furo FT-14	CA	24,0		1554	26,4		18/04/74	Irrigação
85	55		Jaracunda	Furo FT-12	PA	300,0		1440	25,2		04/06/73	Irrigação
86	55		Ribeira dos Picos	Furo FT-59	PA	400,0		950	27,8		08/10/74	Abastecimento e Irrigação
87	55		Macati	Furo FT-9	PA	400,0		1270	26,3		06/03/73	Abastecimento e Irrigação
88	55		Ribeirão Boi	Nasc. 538	??		20,0	1360	26,3			Irrigação
89	55		Bom Pó	Poço 76	AI			1798	26,7	3,45		Irrigação
90	56		Achada Baleia	Furo FT-40	PA	154,0		1480	27,7		02/02/76	Irrigação
91	56		Baia	Furo FT-44	PA	220,0		2220	28,5		19/07/77	Irrigação
92	56		Doby	Furo FT-208	??	55,0		1390	29,5		18/01/85	Abastecimento e Irrigação
93	56		Achada Baleia	Furo FT-42	PA	77,0		1486	28,0		27/03/73	Irrigação

tab. 6.4.2.1. (continuação) Características gerais dos 132 pontos de água distribuídos por toda a ilha no âmbito desta dissertação na estação das “águas” ou das “chuvas “

N.º	Ref	Folha	Loca- lização	Ponto de Água	Geologia	Caudal		Condutividade (µS/cm)	Tº (°C)	Nível (m)	Exploração (início)	Finalidade
						Furo	Nascente					
94	56		Portal	Furo	PA	55,0		1686	25,4		20/04/00	Irrigação
				FBE-157								
95	56		Castelo Grande	Poço 105	AI							Praticamente seco
96	56		Castelo Grande	Poço 4	AI			1480	25,4	7,12		Irrigação
97	56		Castelinho	111	AI			1100	25,6	5,34		Irrigação
				Poço								
98	56		Praia Baixo	Furo	PA	88,0		7820	26,5		06/01/78	Irrigação
				FT-109								
99	56		Baia	Poço 88	AI			5830	27,0	8,40		Irrigação
100	56		Baia	Poço 87	AI			5560	25,2	8,23		Irrigação
101	56		Praia Baixo	Poço 44	AI			1540	25,4	12,72		Irrigação
102	56		Moia- Moia	Poço 114	AI			1820	26,6	8,0		Irrigação
103	57		Santa Clara	Furo	PA	216,0		760	19,3		13/06/90	Abastecimento
				FBE-138								
104	57		Santana	Nasc.19	PA		157,0	380	26,6			Abastecimento e Irrigação
105	57		São João Baptista	Furo	??	144,0		1000	28,9		13/09/74	Abastecimento e Irrigação
				FT-153								
106	57		Belém	Nasc.8	PA							Seco
107	57		São Gonçalo	Nasc. 14	PA		8,0	440	26,8			Abastecimento
108	57		Delgado	Nasc. 30	PA/??		4	920	27,7			Abastecimento dos animais
109	57		Alfarroba	Furo	PA/??	104,0		821	27,0		07/03/90	Abastecimento e Irrigação
				FT-353								
110	57		Ribeira Gem-Gem	Nasc. 31	??		3	930	28,6			Abastecimento dos animais
111	58		Águas Verdes	Nasc. 9	PA		123,4	377	26,2			Abastecimento e Irrigação
112	58		Bica	Nasc.3	PA		14,0	409	27,8			Irrigação
113	58		Convento	Nasc. 1	PA		792	408	26,9			Abastecimento e Irrigação
114	58		Ribeira Grande	Poço 2	AI/LRi			3140	24,5	6,80		Irrigação
115	58		Águas Verdes	Nasc. 10+11	PA		864	380	26,1			Abastecimento e Irrigação
116	58		Lapa Cachorro	Furo	PA	400,0		364	24,8		29/09/87	Abastecimento da Praia e Salineiro
				FBE-1								
117	58		Trindade	Nasc. 53	PA		61,7	420	26,4			Abastecimento

tab. 6.4.2.1. (continuação) Características gerais dos 132 pontos de água distribuídos por toda a ilha no âmbito desta dissertação na estação das “águas” ou das “chuvas “

N.º	Ref	Folha	Loca- lização	Ponto de Água	Geologia	Caudal m3/d	Conductividade (µS/cm)	Tº (°C)	Nível (m)	Exploração (início)	Finalidade
						Furo	Nascente				
118	58		Assembleia Nacional	Furo FBE-44	PA		1060	27,3	28,0		Piezómetro
119	58		João Varela	Furo FT-202	PA	514,0	370	28,0		16/06/80	Abastecimento
120	58		João Varela	Furo FBE-58	PA	272,0	400	27,5		24/02/88	Abastecimento
121	58		S. Martinho Pequeno	Furo FBE-18	PA	60,0	490	26,6		28/01/92	Irrigação
122	58		João Varela	Nasc.-23	PA	66,4	420	26,4			Abastecimento e Irrigação
123	28		João Varela	Nasc. 22+24	PA	34,5	411	27,7			Abastecimento e Irrigação
124	58		Sanharé	Nasc. 257	PA	11,3	478	26,7			Abastecimento e Irrigação
125	58		Ribeirão Chiqueiro	Furo FBE-53	PA	144,0	740	26,4			Abastecimento
126	58		S. Jorginho	Nasc. 56	PA/CA	24,3	610	26,3			Abastecimento e Irrigação
127	59		S. Francisco	Nasc. 24	CA	20	1810	25,2			Irrigação
128	59		S. Francisco	Poço 18	AI						Entupido
129	59		Porto Lobo	Poço 30	AI						Seco
130	59		Portete	Poço 9	AI						Seco
131	59		S. Tomé	Poço 6	AI						Seco
132	59		Portinho	Poço 10	AI		53510	25,0			Sem utilização

## Síntese conclusiva – Observações de 2003

O seguimento dos pontos de água seleccionados no decorrer do ano 2003, confirmaram que o Complexo Eruptivo Principal (C.E.P), também conhecido pelo Complexo Eruptivo do Pico de Antónia (PA) é o aquífero principal da ilha, devendo-se destacar a sub-unidade formada por mantos basálticos submarinos (pillow-lavas) que fornece um caudal horário de cerca de 35m³/h a 40m³/h para uma bombagem diária aconselhada, tecnicamente, de doze horas, com possibilidades de aumentar o número de horas de bombagem por dia, caso as circunstâncias assim o exigirem, com a obrigatoriedade de se implementar um controlo rigoroso da exploração, a nível geral da ilha.

Isto obriga a que cuidados especiais devem ser seguidos na parte terminal das ribeiras, principalmente, quando os furos estão implantados em mantos basálticos submarinos (pillow-lavas) do Complexo Eruptivo do Pico de Antónia (PA), uma vez que têm sido detectados indícios de intrusão salina, nomeadamente na Ribeira Seca, do concelho de St<sup>a</sup> Cruz, na Achada Baleia, do concelho de S. Domingos e em Chão Bom, do concelho do Tarrafal.

Por isso, é de se enaltecer o esforço que o Instituto Nacional de Gestão de Recursos Hídricos vem fazendo para cumprir o programa de controlo de exploração previamente elaborado.

## 6.5. OBSERVAÇÕES AO LONGO DO ANO 2004

Para complementar o seguimento dos pontos de água no decorrer do ano 2003, achamos por bem fazer o seguimento de 8 pontos de água (6 furos e 2 nascentes) em 6 concelhos da ilha de Santiago (tab. 6.5.1 e 6.5.2).

Além das determinações de alguns parâmetros no terreno tivemos, mais uma vez, a colaboração do Instituto Nacional de Investigação e Desenvolvimento Agrário (INIDA), à semelhança do que tinha acontecido com as análises recolhidas no decorrer do ano 2003.

tab. 6.5.1. Características gerais dos pontos de água assinalados na carta na escala 1: 100.000, na figura 60, no mês de Janeiro de 2004

N.º Ref	Folha	Loca- lização	Mês	Ponto de Água	Geologia	Caudal	Condutividade (µS/cm)	T° (°C)	Finalidade (início)
						m3/d Furo Nascente			
1	54	Carris Morto	Jan.	Furo FBE 161	A	400	720	23.5	Abastecimento
2	52	Ribeireta	Jan.	Furo FT 39	PA	420	1350	24.9	Irrigação
3	55	Macaty	Jan.	Furo FT 9	PA	520	1060	26.5	Abastecimento e Irrigação
4	58	Ribeirão Chiqueiro	Jan.	Furo FBE 53	PA	216	740	25.4	Abastecimento
5	49	Lém Mendes	Jan.	Furo FT 29	PA	540	990	25.2	Abastecimento e Irrigação
6	58	Lapa Cachorro	Jan.	Furo FBE 1A	PA	400	360	25.4	Abastecimento da Praia e Salineiro
7	58	Convento	Jan.	Nascente 1	PA	732	410	26.7	Abastecimento e Irrigação
8	58	Águas Verdes	Jan.	Nascente 10+11	PA	864	390	24.4	Abastecimento e Irrigação

tab. 6.5.2. Características gerais dos pontos de água assinalados na carta na escala 1: 100.000, na figura 60, no mês de Fevereiro de 2004

N.º Ref	Folha	Loca- lização	Mês	Ponto de Água	Geologia	Caudal		Condutividade (µS/cm)	Tº (°C)	Finalidade (início)
						Furo	Nascente			
1	54	Carris Morto	Fev	Furo FBE 161	A	400		980	24.5	Abastecimento
2	52	Ribeireta	Fev	Furo FT 39	PA	420		1380	25.3	Irrigação
3	55	Macaty	Fev	Furo FT 9	PA	520		1010	26.3	Abastecimento e Irrigação
4	58	Ribeirão Chiqueiro	Fev.	Furo FBE 53	PA	216		730	26.0	Abastecimento
5	49	Lém Mendes	Fev.	Furo FT 29	PA	540		980	24.5	Abastecimento e Irrigação
6	58	Lapa Cachorro	Fev.	Furo FBE 1A	PA	400		356	27.5	Abastecimento da Praia e Salineiro
7	58	Convento	Fev.	Nascente 1	PA	732		410	27.0	Abastecimento e Irrigação
8	58	Águas Verdes	Fev.	Nascente 10+11	PA	864		379	26.7	Abastecimento e Irrigação

tab. 6.5.3. Características gerais dos pontos de água assinalados na carta na escala 1: 100.000, na figura 60, no mês de Março de 2004

N.º Ref	Folha	Loca- lização	Mês	Ponto de Água	Geologia	Caudal		Condutividade (µS/cm)	Tº (°C)	Finalidade (início)
						Furo	Nascente			
1	54	Carris Morto	Mar.	Furo FBE 161	A	400		640	24.7	Abastecimento
2	52	Ribeireta	Mar.	Furo FT 39*	PA	336		1390	24.5	Irrigação
3	55	Macaty	Mar.	Furo FT 9	PA	520		990	26.4	Abastecimento e Irrigação
4	58	Ribeirão Chiqueiro	Mar.	Furo FBE 53	PA	216		740	26.4	Abastecimento
5	49	Lém Mendes	Mar.	Furo FT 29	PA	540		1100	23.8	Abastecimento e Irrigação
6	58	Lapa Cachorro	Mar.	Furo FBE 1A	PA	400		392	28.8	Abastecimento da Praia e Salineiro
7	58	Convento	Mar.	Nascente 1	PA	732		414	27.2	Abastecimento e Irrigação
8	58	Águas Verdes	Mar.	Nascente 10+11	PA	864		283	26.2	Abastecimento e Irrigação

tab. 6.5.4. Características gerais dos pontos de água assinalados na carta na escala 1: 100.000, na figura 60, no mês de Abril de 2004

N.º Ref	Folha	Loca- lização	Mês	Ponto de Água	Geologia	Caudal m3/d	Conductividade (µS/cm)	Tº (°C)	Finalidade (início)
						Furo Nascente			
1	54	Carris Morto	Abr.	Furo FBE 161	A	400	640	25.0	Abastecimento
2	52	Ribeireta	Abr.	Furo FT 39	PA	420	1390	25.3	Irrigação
3	55	Macaty	Abr.	Furo FT 9	PA	520	990	24.3	Abastecimento e Irrigação
4	58	Ribeirão Chiqueiro	Abr.	Furo FBE 53	PA	216	730	27.2	Abastecimento
5	49	Lém Mendes	Abr.	Furo FT 29	PA	540	900	23.7	Abastecimento e Irrigação
6	58	Lapa Cachorro	Abr.	Furo FBE 1A	PA	400	377	28.0	Abastecimento da Praia e Salineiro
7	58	Convento	Abr.	Nascente 1	PA	732	427	28.2	Abastecimento e Irrigação
8	58	Águas Verdes	Abr.	Nascente 10+11	PA	864	416	29.0	Abastecimento e Irrigação

tab. 6.5.5. Características gerais dos pontos de água assinalados na carta na escala 1: 100.000, na figura 60, no mês de Maio de 2004

N.º Ref	Folha	Loca- lização	Mês	Ponto de Água	Geologia	Caudal m3/d	Conductividade (µS/cm)	Tº (°C)	Finalidade (início)
						Furo Nascente			
1	54	Carris Morto	Mai.	Furo FBE 161	A	400	640	26.8	Abastecimento
2	52	Ribeireta	Mai.	Furo FT 39	PA	420	1493	29.1	Irrigação
3	55	Macaty	Mai.	Furo FT 9	PA	520	1024	28.1	Abastecimento e Irrigação
4	58	Ribeirão Chiqueiro	Mai.	Furo FBE 53	PA	216	763	28.7	Abastecimento
5	49	Lém Mendes	Mai.	Furo FT 29	PA	540	914	26.5	Abastecimento e Irrigação
6	58	Lapa Cachorro	Mai.	Furo FBE 1A	PA	400	360	24.9	Abastecimento da Praia e Salineiro
7	58	Convento	Mai.	Nascente 1	PA	732	410	26.1	Abastecimento e Irrigação
8	58	Águas Verdes	Mai.	Nascente 10+11	PA	864	390	25.2	Abastecimento e Irrigação



tab. 6.5.6. Características gerais dos pontos de água assinalados na carta na escala 1: 100.000, na figura 60, no mês de Junho de 2004

N.º Ref	Folha	Localização	Mês	Ponto de Água	Geologia	Caudal m3/d	Condutividade (µS/cm)	Tº (°C)	Finalidade (início)
						Furo Nascente			
1	54	Carris	Mai.	Furo FBE 161	A	400	640	26.8	Abastecimento
1	54	Carris Morto	Jun.	Furo FBE 161	A	400	628	27.0	Abastecimento
2	52	Ribeireta	Jun.	Furo FT 39	PA	420	1395	26.2	Irrigação
3	55	Macaty	Jun.	Furo FT 9	PA	520	1003	25.0	Abastecimento e Irrigação
4	58	Ribeirão Chiqueiro	Jun.	Furo FBE 53	PA	216	730	27.6	Abastecimento
5	49	Lém Mendes	Jun.	Furo FT 29	PA	540	936	25.9	Abastecimento e Irrigação
6	58	Lapa Cachorro	Jun.	Furo FBE 1A	PA	400	365	30.8	Abastecimento da Praia e Salineiro
7	58	Convento	Jun.	Nascente 1	PA	732	401	28.2	Abastecimento e Irrigação
8	58	Águas Verdes	Jun.	Nascente 10+11	PA	864	380	29.0	Abastecimento e Irrigação

tab. 6.5.7. Características gerais dos pontos de água assinalados na carta na escala 1: 100.000, na figura 60, no mês de Julho de 2004

N.º Ref	Folha	Localização	Mês	Ponto de Água	Geologia	Caudal m3/d	Condutividade (µS/cm)	Tº (°C)	Finalidade (início)
						Furo Nascente			
1	54	Carris Morto	Jul.	Furo FBE 161	A	400	626	27.1	Abastecimento
2	52	Ribeireta	Jul.	Furo FT 39	PA	420	1398	27.5	Irrigação
3	55	Macaty	Jul.	Furo FT 9	PA	520	1005	26.7	Abastecimento e Irrigação
4	58	Ribeirão Chiqueiro	Jul.	Furo FBE 53	PA	216	729	27.2	Abastecimento
5	49	Lém Mendes	Jul.	Furo FT 29	PA	540	939	26.3	Abastecimento e Irrigação
6	58	Lapa Cachorro	Jul.	Furo FBE 1A	PA	400	367	29.5	Abastecimento da Praia e Salineiro
7	58	Convento	Jul.	Nascente 1	PA	732	400	28.0	Abastecimento e Irrigação
8	58	Águas Verdes	Jul.	Nascente 10+11	PA	864	379	27.8	Abastecimento e Irrigação

tab. 6.5.8. Características gerais dos pontos de água assinalados na carta na escala 1: 100.000, na figura 60, no mês de Agosto de 2004

N.º Ref	Folha	Loca- lização	Mês	Ponto de Água	Geologia	Caudal m3/d	Conductividade (µS/cm)	Tº (°C)	Finalidade (início)
						Furo Nascente			
1	54	Carris Morto	Ago.	Furo FBE 161	A	400	630	27.5	Abastecimento
2	52	Ribeireta	Ago.	Furo FT 39	PA	420	1340	29.8	Irrigação
3	55	Macaty	Ago.	Furo FT 9	PA	520	977	27.4	Abastecimento e Irrigação
4	58	Ribeirão Chiqueiro	Ago.	Furo FBE 53	PA	216	704	29.7	Abastecimento
5	49	Lém Mendes	Ago.	Furo FT 29	PA	540	1039	26.2	Abastecimento e Irrigação
6	58	Lapa Cachorro	Ago.	Furo FBE 1A	PA	400	360	27.0	Abastecimento da Praia e Salineiro
7	58	Convento	Ago.	Nascente 1	PA	732	411	26.1	Abastecimento e Irrigação
8	58	Águas Verdes	Ago.	Nascente 10+11	PA	864	376	26.5	Abastecimento e Irrigação

tab. 6.5.9. Características gerais dos pontos de água assinalados na carta na escala 1: 100.000, na figura 60, no mês de Setembro de 2004

N.º Ref	Folha	Loca- lização	Mês	Ponto de Água	Geologia	Caudal m3/d	Conductividade (µS/cm)	Tº (°C)	Finalidade (início)
						Furo Nascente			
1	54	Carris Morto	Set.	Furo FBE 161	A	400	660	27.0	Abastecimento
2	52	Ribeireta	Set.	Furo FT 39	PA	420	1388	27.2	Irrigação
3	55	Macaty	Set.	Furo FT 9	PA	520	1192	28.6	Abastecimento e Irrigação
4	58	Ribeirão Chiqueiro	Set.	Furo FBE 53	PA	216	722	26.8	Abastecimento
5	49	Lém Mendes	Set.	Furo FT 29	PA	540	138	27.3	Abastecimento e Irrigação
6	58	Lapa Cachorro	Set.	Furo FBE 1A	PA	400	370	26.5	Abastecimento da Praia e Salineiro
7	58	Convento	Set.	Nascente 1	PA	732	394	28.2	Abastecimento e Irrigação
8	58	Águas Verdes	Set.	Nascente 10+11	PA	864	375	29.9	Abastecimento e Irrigação

tab. 6.5.10. Características gerais dos pontos de água assinalados na carta na escala 1: 100.000, na figura 60, no mês de Outubro de 2004

N.º Ref	Folha	Localização	Mês	Ponto de Água	Geologia	Caudal m3/d	Condutividade (µS/cm)	Tº (°C)	Finalidade (início)
						Furo Nascente			
1	54	Carris Morto	Out.	Furo FBE 161	A	400	624	27.0	Abastecimento
2	52	Ribeireta	Out.	Furo FT 39	PA	420	1275	29.2	Irrigação
3	55	Macaty	Out.	Furo FT 9	PA	520	1003	27.6	Abastecimento e Irrigação
4	58	Ribeirão Chiqueiro	Out.	Furo FBE 53	PA	216	706	28.8	Abastecimento
5	49	Lém Mendes	Out.	Furo FT 29	PA	540	884	28.4	Abastecimento e Irrigação
6	58	Lapa Cachorro	Out.	Furo FBE 1A	PA	400	460	29.7	Abastecimento da Praia e Salineiro
7	58	Convento	Out.	Nascente 1	PA	732	394	28.2	Abastecimento e Irrigação
8	58	Águas Verdes	Out.	Nascente 10+11	PA	864	376	29.9	Abastecimento e Irrigação

tab. 6.5.11. Características gerais dos pontos de água assinalados na carta na escala 1: 100.000, na figura 60, no mês de Novembro de 2004

N.º Ref	Folha	Localização	Mês	Ponto de Água	Geologia	Caudal m3/d	Condutividade (µS/cm)	Tº (°C)	Finalidade (início)
						Furo Nascente			
1	54	Carris	Out.	Furo FBE 161	A	400	624	27.0	Abastecimento
1	54	Carris Morto	Nov.	Furo FBE 161	A	400	634	25.4	Abastecimento
2	52	Ribeireta	Nov.	Furo FT 39	PA	420	1386	27.2	Irrigação
3	55	Macaty	Nov.	Furo FT 9	PA	520	1007	27.9	Abastecimento e Irrigação
4	58	Ribeirão Chiqueiro	Nov.	Furo FBE 53	PA	—	—	—	Avariado
5	49	Lém Mendes	Nov.	Furo FT 29	PA	540	1386	27.2	Abastecimento e Irrigação
6	58	Lapa Cachorro	Nov.	Furo A FBE 1	PA	400	337	29.4	Abastecimento da Praia e Salineiro
7	58	Convento	Nov.	Nascente 1	PA	732	395	28.6	Abastecimento e Irrigação
8	58	Águas Verdes 10+11	Nov.	Nascente	PA	864	370	29.1	Abastecimento e Irrigação

tab. 6.5.12. Características gerais dos pontos de água assinalados na carta na escala 1: 100.000, na figura 60, no mês de Dezembro de 2004

N.º Ref	Folha	Loca- lização	Mês	Ponto de Água	Geologia	Caudal m3/d	Conductividade (µS/cm)	Tº (°C)	Finalidade (início)
						Furo Nascente			
1	54	Carris Morto	Dez.	Furo FBE 161	A	400	615	25.2	Abastecimento
2	52	Ribeireta	Dez.	Furo FT 39	PA	420	1380	26.9	Irrigação
3	55	Macaty	Dez.	Furo FT 9	PA	520	984	26.5	Abastecimento e Irrigação
4	58	Ribeirão Chiqueiro	Dez.	Furo FBE 53	PA	—	—	—	Avariado
5	49	Lém Mendes	Dez.	Furo FT 29	PA	540	930	25.0	Abastecimento e Irrigação
6	58	Lapa Cachorro	Dez.	Furo FBE 1A	PA	400	350	25.4	Abastecimento da Praia e Salineiro
7	58	Convento	Dez.	Nascente 1	PA	732	411	26.5	Abastecimento e Irrigação
8	58	Águas Verdes	Dez.	Nascente 10+11	PA	864	374	24.1	Abastecimento e Irrigação

### Síntese conclusiva – Observações de 2004

Na sequência dos estudos hidrogeológicos realizados em Cabo Verde de 1969 a 2006 chega-se à conclusão de que as perfurações e sondagens revelaram que todas as formações geológicas são aquíferas, devendo-se destacar que o Complexo Eruptivo Principal, também conhecido por Complexo Eruptivo do Pico de Antónia (PA) é o aquífero principal.

Verifica-se que as formações que proporcionam maior volume de água explorada e a de melhor qualidade, são o Complexo Eruptivo do Pico de Antónia (PA) e a Formação da Assomada (A).

É nosso entendimento de que as formações aquíferas se comportam, considerando o seu todo, como uma única grande toalha que engloba toda a ilha. Por isso, é de se aceitar que o esquema hidráulico geral é o de um grande reservatório central (região da Assomada que se situa entre o maciço do Pico de Antónia e o maciço da Malagueta) constituído, essencialmente, pela Unidade Intermédia, drenada pelos numerosos vales. Os escoamentos à periferia deste reservatório fazem-se quer na base das grandes escoadas que descem até ao mar, quer no substrato constituído pelas formações da “Unidade de Base” (CA, ρ, CB).

A experiência diz-nos que na periferia da ilha os diversos aquíferos são drenados pelos níveis de permeabilidade elevada, como são exemplos as espessas toalhas aluviais (Casos concretos da Ribeira Seca e da Ribeira dos Picos no Concelho de Santa

Cruz) e as pillow – lavas do Complexo Eruptivo do Pico de Antónia, principalmente nos concelhos de Santa Cruz, do Tarrafal e da Praia, que têm proporcionado furos com caudais da ordem de 35/40 m<sup>3</sup>/h e uma bombagem aconselhada de 12 horas por dia e de água de boa qualidade.

Aconselha-se que se dê uma atenção muito especial ao controlo da exploração, tendo em vista precaver-se contra indícios de contaminação salina na parte terminal das ribeiras bem exploradas, assim como o evitar um abaixamento pronunciado dos níveis de água nas partes média e alta das ribeiras.

## **6.6. INTERPRETAÇÃO DE ENSAIOS DE CAUDAL**

### **6.6.1. Introdução**

Imediatamente a seguir à construção dos furos de captação tem-se por norma a realização de ensaios de bombagem com a finalidade de determinar o caudal aconselhável para a exploração do furo.

Trata-se de um método de trabalho que consiste na observação dos rebaixamentos ao longo da duração da bombagem com caudais bem determinados e, também, no seguimento da recuperação imediatamente a seguir à paragem da bombagem.

Em Cabo Verde, temos realizado ensaios de bombagem que englobem um chamado *ensaio escalonado, preliminar ou de patamares, de caudal variável* e, logo a seguir à paragem da bombagem, o seguimento da recuperação com o mesmo tempo da duração da bombagem utilizado para cada patamar e, logo no dia seguinte, *um ensaio de longa duração, de caudal constante*. Após a paragem da bombagem segue-se a recuperação com o mesmo tempo da duração da bombagem do ensaio de longa duração.

O ensaio preliminar tem por finalidade determinar o caudal aconselhável para a realização do ensaio de longa duração, enquanto que este tem por objectivo determinar o caudal aconselhável para a exploração do furo.

Deve-se salientar que no ensaio preliminar, escalonado ou de patamares, os caudais dos diversos patamares ou escalões devem ter a mesma duração (uma hora, duas horas ou três horas), seguindo a recuperação com a mesma duração de um dos patamares. Quanto ao ensaio de longa duração, por norma, tem sido de 24, 48 ou 72 horas o tempo de bombagem para, imediatamente a seguir à paragem da bomba, se medir a recuperação durante o mesmo tempo da duração da bombagem, isto é, 24, 48 ou 72 horas

Durante os ensaios quer preliminar, escalonado ou de patamares, quer de longa duração, deve-se proceder à medição de caudais de bombagem e de níveis de água (rebaixamentos) em intervalos de tempo previamente determinados. Durante a recuperação de níveis também é obrigatória a sua medição.

## **6 .6 .2. Interpretação de Ensaios de Bombagem**

Na recolha de todas as informações hidrogeológicas a que procedemos, foi possível obter dados de campo de vários ensaios de bombagem, quase sempre realizados na fase final da construção dos furos de captação. Estes dados ora correspondem a ensaios de bombagem, ora são de medições da fase de recuperação consequente à extracção.

Há casos em que os testes tiveram a configuração de ensaios escalonados (também designados por ensaios em patamares). Noutros casos, as variações de caudal foram provocadas por diminuição do rendimento do sistema de bombagem como resposta à depressão dos níveis piezométricos, o que complica as interpretações ou até as pode inviabilizar.

Se é certo que nem sempre os ensaios disponíveis se podem considerar de boa qualidade, foi decidido proceder à sua interpretação por nos parecer ser a única possibilidade de quantificar parâmetros hidrogeológicos fundamentais a uma caracterização minimamente válida.

Em quase todos os casos aqui tratados, as medições piezométricas foram levadas a cabo nos próprios furos ensaiados, o que impede a obtenção de valores do coeficiente de armazenamento com grau de segurança aceitável. Há algumas excepções e que serão devidamente destacadas na altura oportuna.

Para obviar à complexidade inerente à interpretação de ensaios escalonados pelos métodos clássicos (isto é, por interpretações hoje ditas de “*manuais*”), foi decidido utilizar programas informatizados nas interpretações que se apresentam nesta dissertação, para o que contamos com o apoio do Sr. Professor Costa Almeida da Universidade de Lisboa. Os dois programas usados foram o **Aqtesolv**, desenvolvido por HydroSOLVE, Inc. e o **Pump Test**, programa desenvolvido pelo próprio Professor Costa Almeida e gentilmente posto à nossa disposição para este trabalho.

Nem sempre foi bom o ajuste entre os pontos simulados pelos programas e os pontos experimentais. Por vezes decidimos interpretar o mesmo ensaio admitindo condições hidráulicas diferentes (por exemplo, aquífero confinado e/ou semi-confinado), tendo sido seleccionada a opção cuja correlação era mais elevada.

No total dispusemos de cerca de três dezenas de furos ensaiados, nalguns casos com mais do que uma interpretação por furo, quando foi possível dispor, por exemplo, de dados de recuperação além dos de bombagem.

Os pontos ensaiados cobrem praticamente toda a ilha e todas as unidades hidrogeológicas consideradas, ou seja, a Unidade de Base, a Unidade Intermédia e a Unidade Recente. No entanto, há casos em que a mesma captação tem zonas ranhuradas em mais que uma unidade. Isto acontece com mais frequência entre a Unidade Recente e a Unidade Intermédia.

## UNIDADE DE BASE

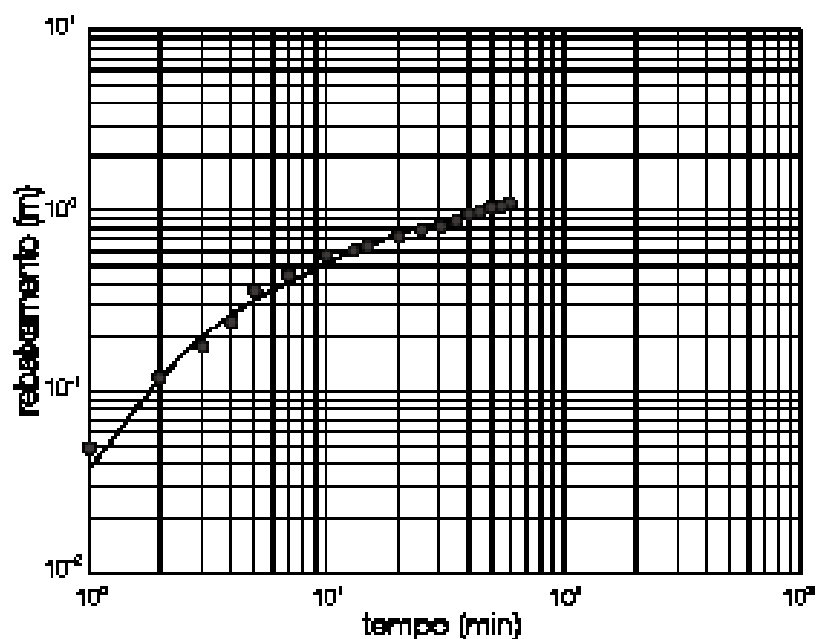
À Unidade de Base corresponde o Complexo Eruptivo Interno Antigo, constituído essencialmente por basaltos sub-aéreos e Fonólitos, quase sempre patenteando acentuado grau de alteração, a Formação dos Flamenos e a Formação dos Órgãos, ambas também com um certo grau de alteração.

Foram interpretados os ensaios que se apresentam de seguida.

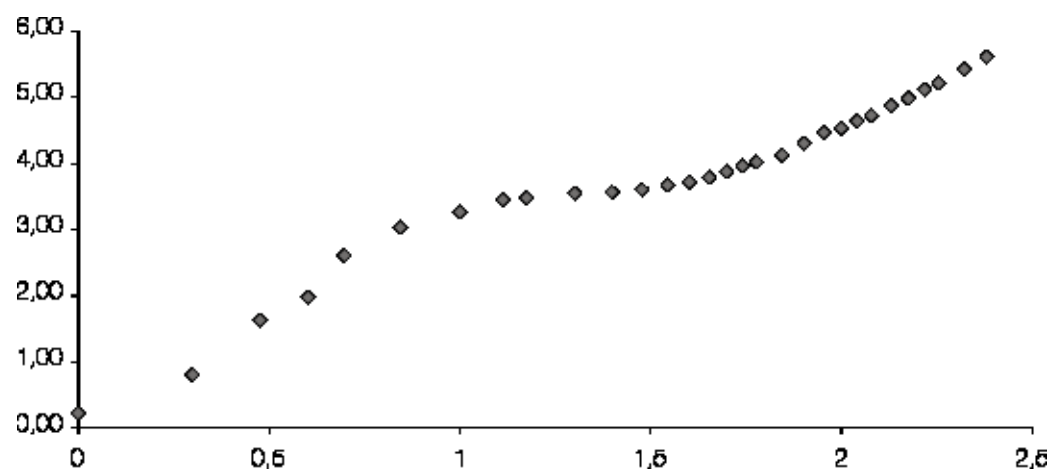
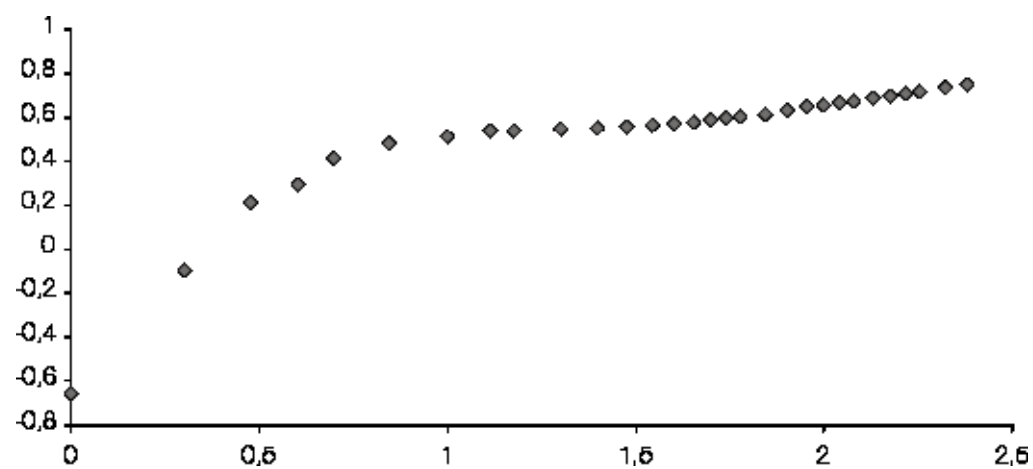
### > furo FBE – 7

Explora o CA.

$T=8,4 \text{ m}^2/\text{dia}$



> furo FT – 5



Está a explorar a Formação dos Flamengos.

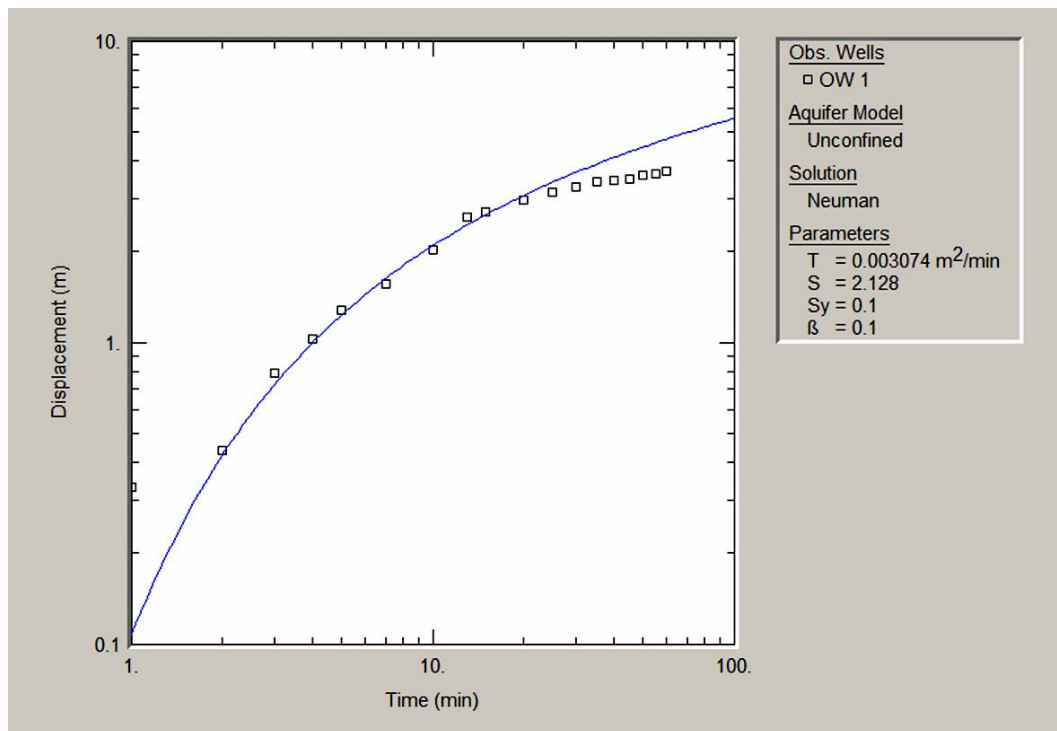
Resultado:  $T=1,1$  a  $1,5 \text{ m}^2/\text{dia}$



> furo FBE – 145

Também explora a Formação dos Flamengos.

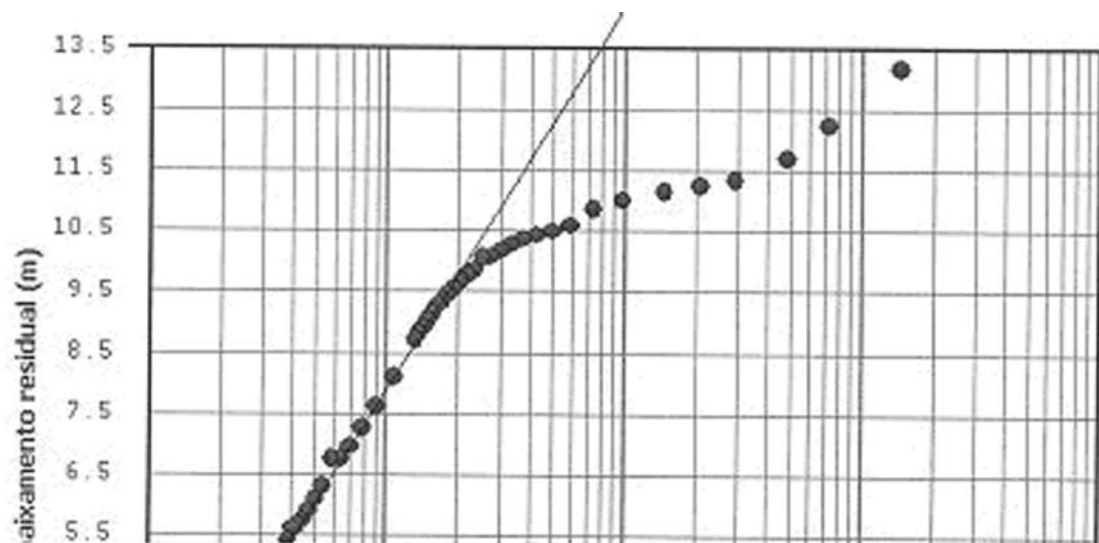
$T=4,43 \text{ m}^2/\text{dia}$



> furo FT – 15

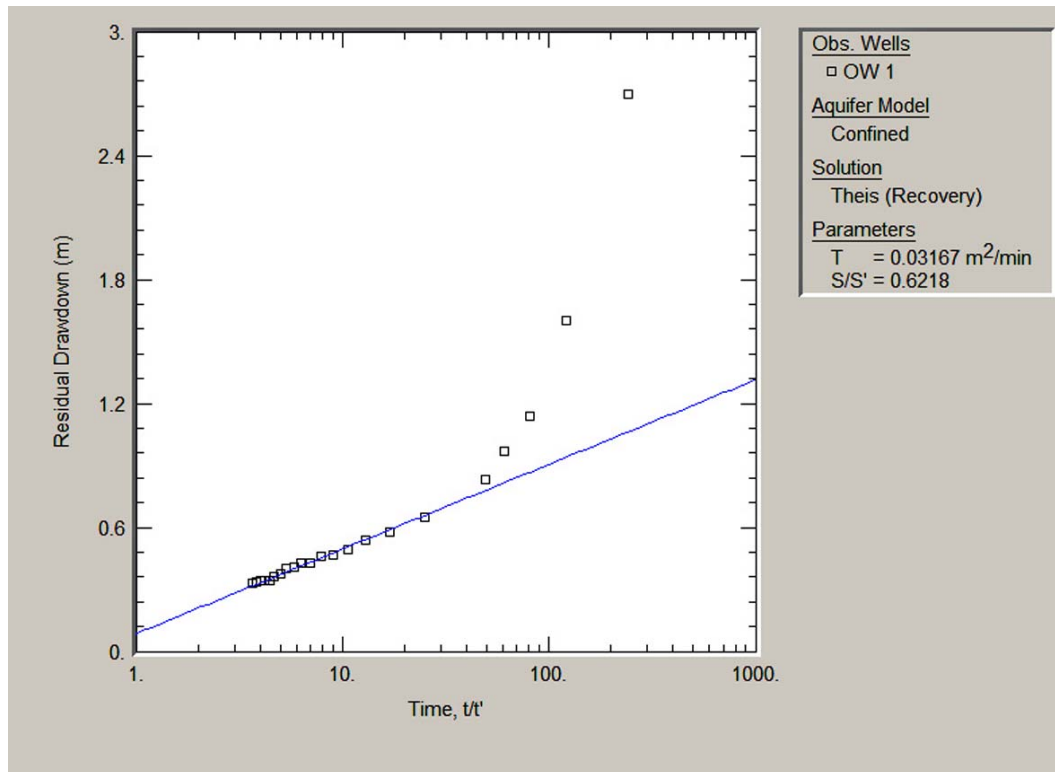
Explora o CB (Conglomerado Brechóide).

$T=3,3 \text{ m}^2/\text{dia}$



> furo FT – 14

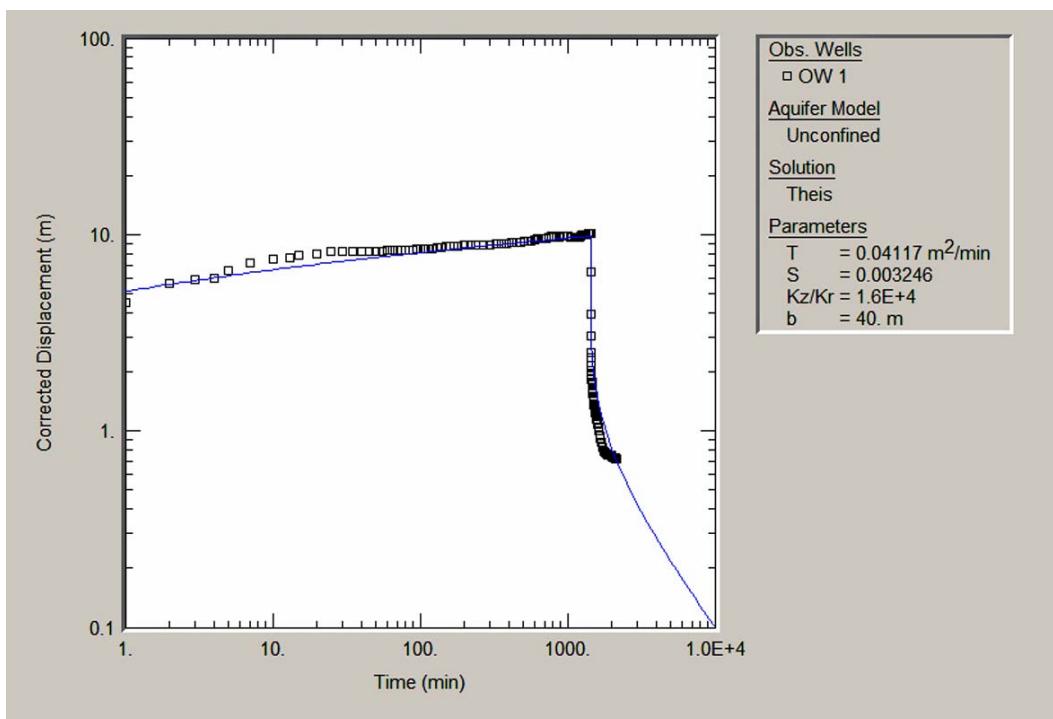
Explora o CA, mas numa zona aonde existem filões basálticos que cortam o CA



$T=59,3 \text{ m}^2/\text{dia}$

### > furo FT – 208

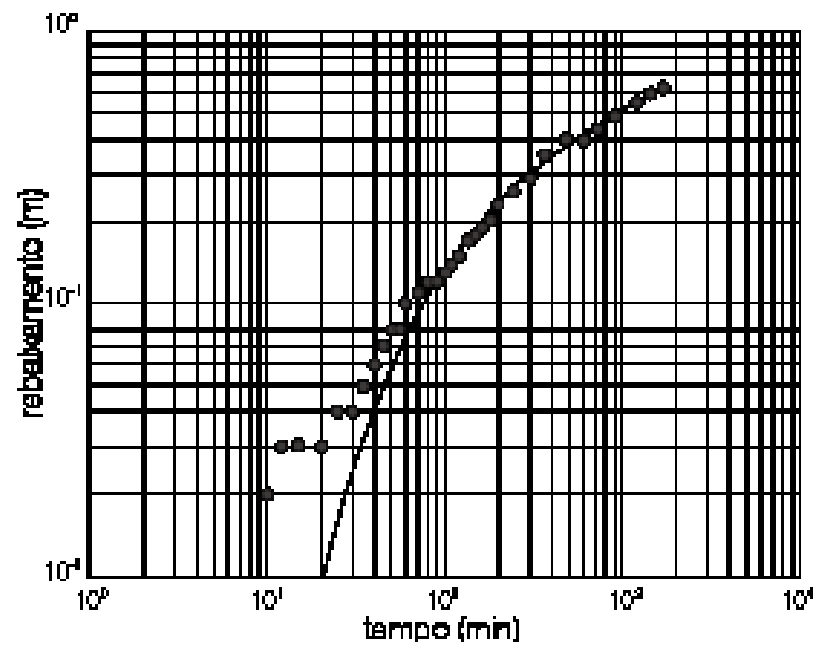
Explora a Formação dos Flamengos ( $\lambda\rho$ ), mas numa zona aonde a alteração é incipiente. A ausência de argilitos resultantes da alteração faz com que a permeabilidade seja maior.



T=59,3 m<sup>2</sup>/dia

> furo FT – 198

Parte da coluna já explorará a Unidade Intermédia.



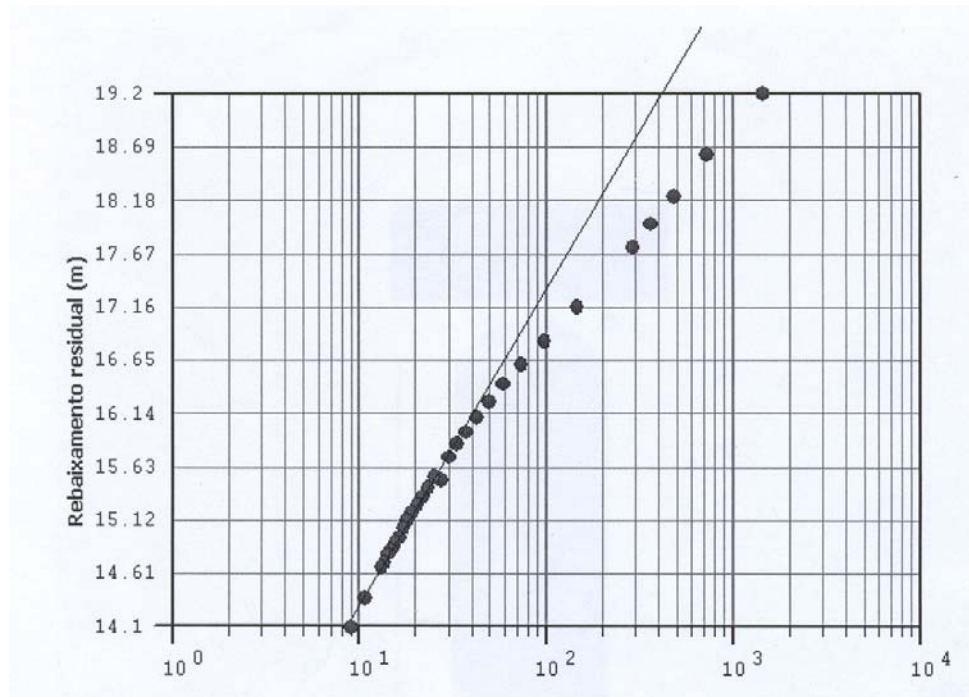
Ensaio com medições em Furo de observação, o que permitiu obter valor para o coeficiente de armazenamento

$$T=250 \text{ m}^2/\text{dia}$$

$$S=2,24 \cdot 10^{-2}$$

## > FURO FT 21

Explora a Unidade de Base

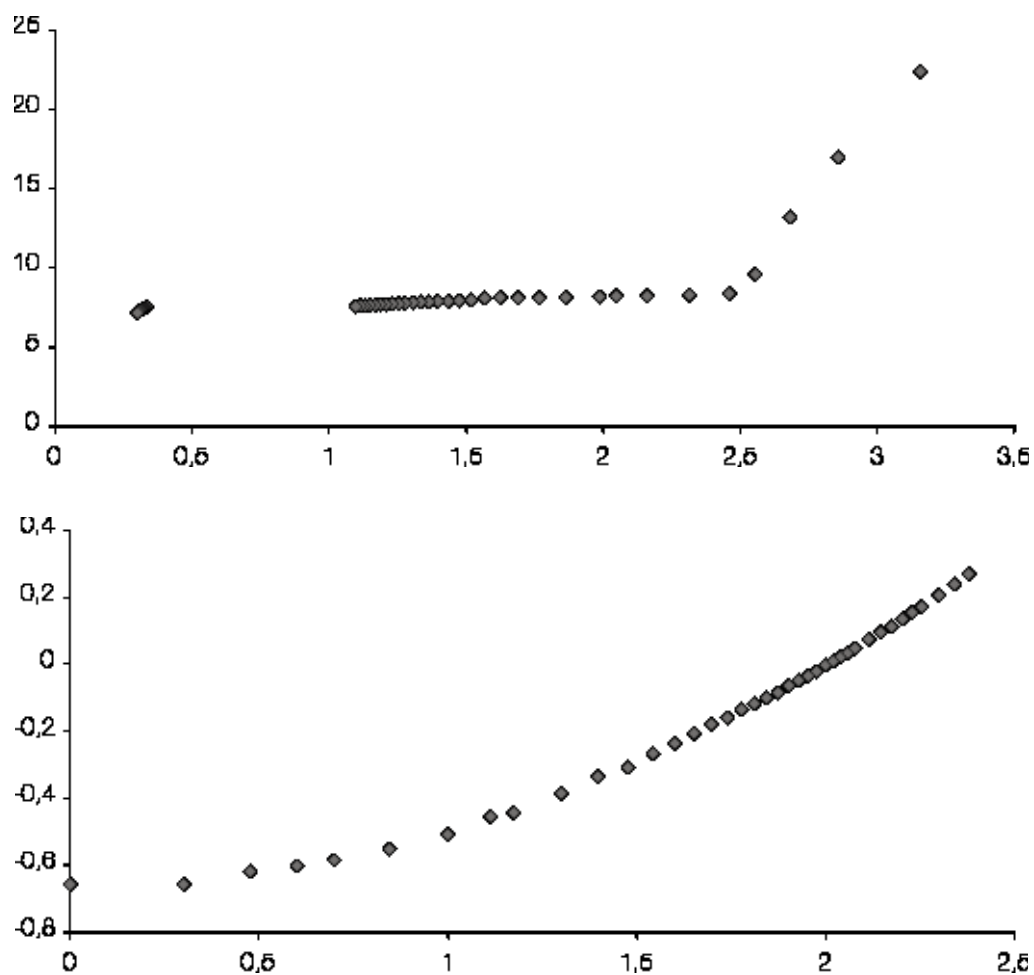


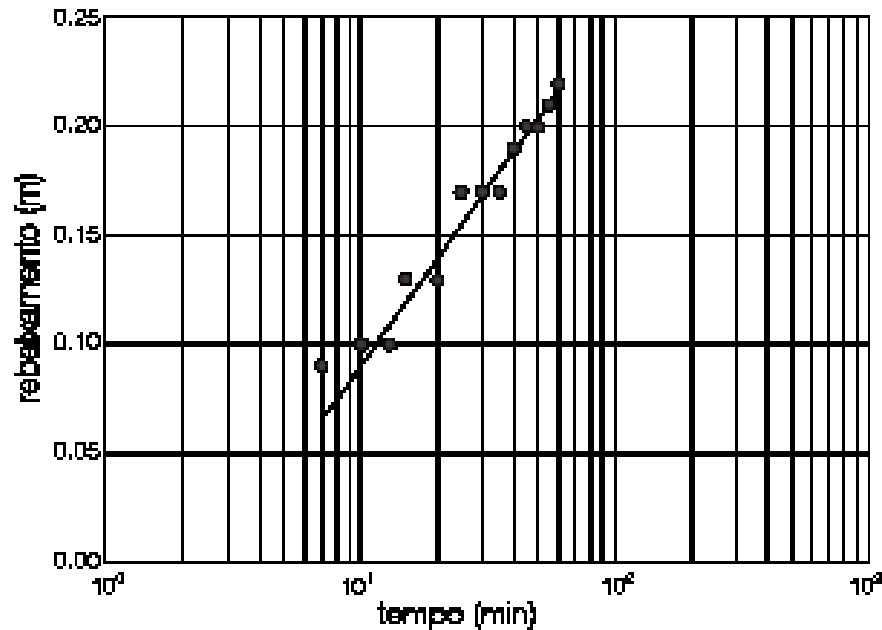
**Resultado:**  $T=36.2 \text{ m}^2 / \text{dia}$  (recuperação)

## UNIDADE INTERMÉDIA

### > furo FT – 23

Explora a Formação Pico da Antónia.





Resultados:  $T = 178,0$  a  $197,7 \text{ m}^2/\text{dia}$

#### > furo SST – 21

Explora o PA (Pico da Antónia) de fácies submarina.

Nos ensaios realizados neste furo, verificou-se que o nível piezométrico estabilizou apenas com 2 cm de rebaixamento para um caudal de  $20 \text{ m}^3/\text{H}$ . O ensaio foi repetido e voltou a haver a mesma reacção.

A recuperação é praticamente instantânea, o que sucedeu em ambos os ensaios.

Trata-se, seguramente, de efeito de grande armazenamento que “mascara” completamente a reacção hidráulica da formação aquífera. Se atendermos ao tipo de formação, com grandes espaços entre as “lavas em almofada” típicas de fácies submarina, pode considerar-se “normal” este tipo de comportamento da piezometria.

#### > furo SST – 30

Também explora formações de fácies submarina do PA.

Foram realizados ensaios com o caudal de  $34,4 \text{ m}^3/\text{H}$  e ao fim de apenas 1 minuto o nível hidrodinâmico estabilizava aos 15 cm de rebaixamento.

Noutro furo, o SST 29, distanciado 29,5 m deste, verificou-se exactamente a mesma reacção. As recuperações foram também rapidíssimas, sem dar tempo sequer a medir níveis.

Em ambos os casos se pode aceitar tratar-se de efeito de grande capacidade de armazenamento. Os pequenos rebaixamentos apenas provocam o fluxo que

alimenta o sistema de extracção, mas como o “armazém” tem grande capacidade, rapidamente se estabelece um pseudo-regime de equilíbrio. Só se forem realizados ensaios de duração muito alta (semanas ou até meses...) ou com caudais muito elevados, seria possível observar rebaixamentos mensuráveis.

#### > furo FBE – 116

Explora a Formação de Assomada (basalto sub-aéreo)

Os dados disponíveis sobre os testes realizados neste furo de captação (ainda hoje utilizado para abastecimento da região de Assomada), configuram um ensaio escalonado, com três patamares, seguido de recuperação.

Os caudais específicos obtidos com os resultados dos três escalões, foram:

1º escalão:  $q=0,597$  l/s/m

2ª escalão:  $q=0,602$  l/s/m

3º escalão:  $q=0,601$  l/s/m

Como se vê, os valores são todos muito semelhantes, pelo que nos oferecem confiança.

Aplicando a fórmula de Galofré ou a fórmula de Logan, obtêm-se os seguintes valores para a transmissividade:

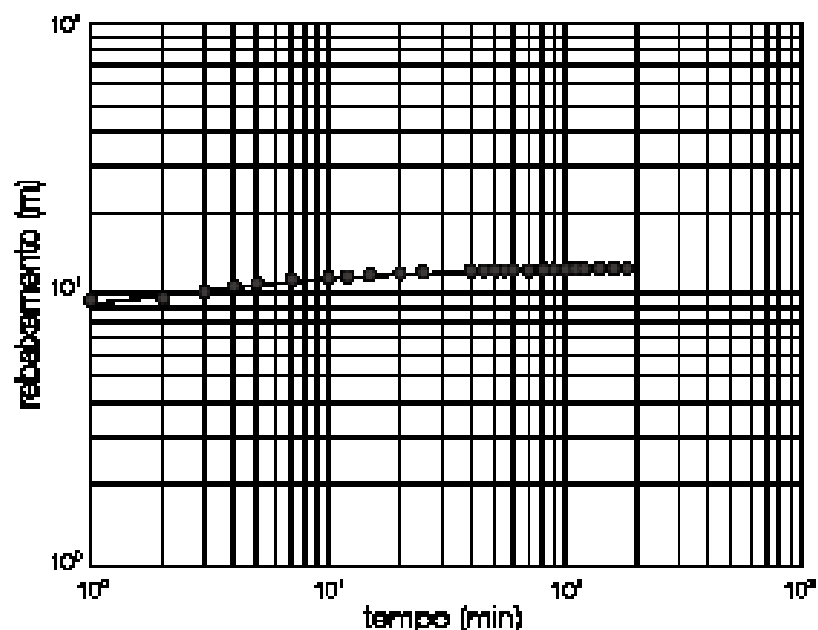
com a fórmula de Galofré  $\{T = 100 \times Q (1/s)/sp(m)\}$ :  $60 \text{ m}^2/\text{dia}$

com a fórmula de Logan  $\{T = 1,22 \times Q(m^3/\text{dia})/sp(m)\}$ :  $63 \text{ m}^2/\text{dia}$

Como se vê os resultados são praticamente iguais.

#### > furo FBE – 1

Explora a Formação do Pico da Antónia, fácies sub-aérea.





Este ensaio foi realizado com medições num piezómetro de observação distanciados 37,5 metros do furo de bombagem, o que possibilitou a determinação do valor do coeficiente de armazenamento.

O modelo que mais se ajusta aos valores de campo é o de Hantush, ou seja, a reacção é de um aquífero semi-confinado.

Os resultados foram os seguintes:

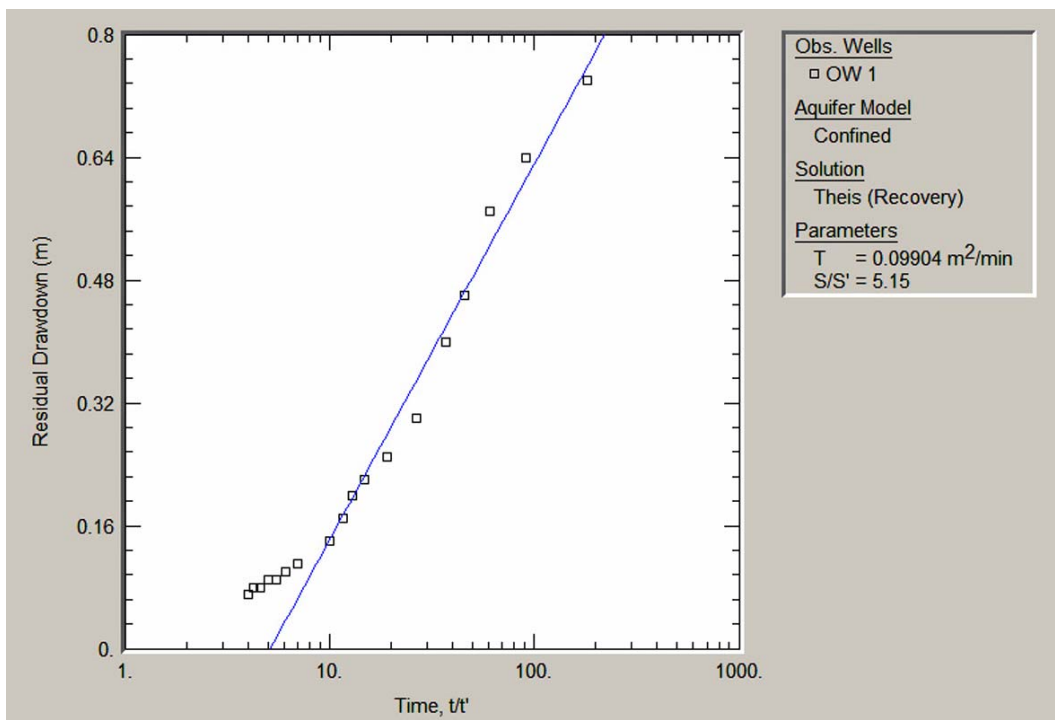
$$T=45 \text{ m}^2/\text{dia} \quad S=1,58 \cdot 10^{-3} \quad B=25\text{m}$$

Como se vê, o valor do factor de drenância (25 metros) é baixo, o que quer dizer que o efeito de semi-confinamento é pouco perceptível. Isto deve-se ao facto de ou o aquitardo ser pouco espesso, ou ser de permeabilidade já de certo valor, não oferecendo grande resistência à entrada de recarga. Quase se pode dizer que o aquífero, nesta zona, se aproxima, hidraulicamente, de um aquífero freático. No entanto o valor relativamente baixo do coeficiente de armazenamento, indica tratar-se de condições de aquífero à pressão.

#### > furo FT – 202

Explora a formação Pico da Antónia, fácies sub-aérea

$$T=142 \text{ m}^2/\text{dia (recuperação)}$$



## UNIDADE RECENTE

### > furo FT – 9

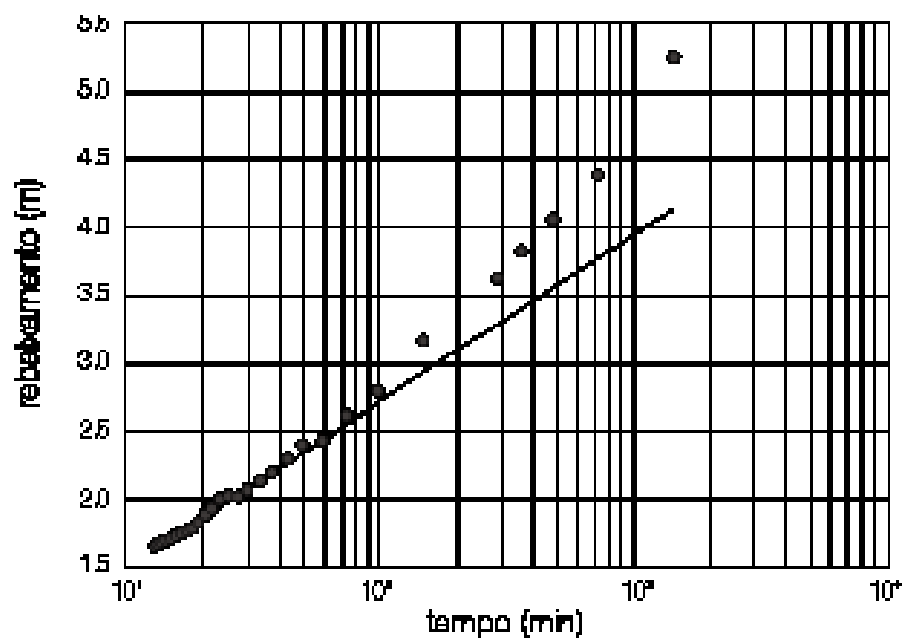
$T=2100 \text{ m}^2/\text{dia}$

### > furo FT – 12

$T=1700 \text{ m}^2/\text{dia}$

### > furo FT – 63

$T=55,3 \text{ m}^2/\text{dia}$  (ensaio de recuperação)

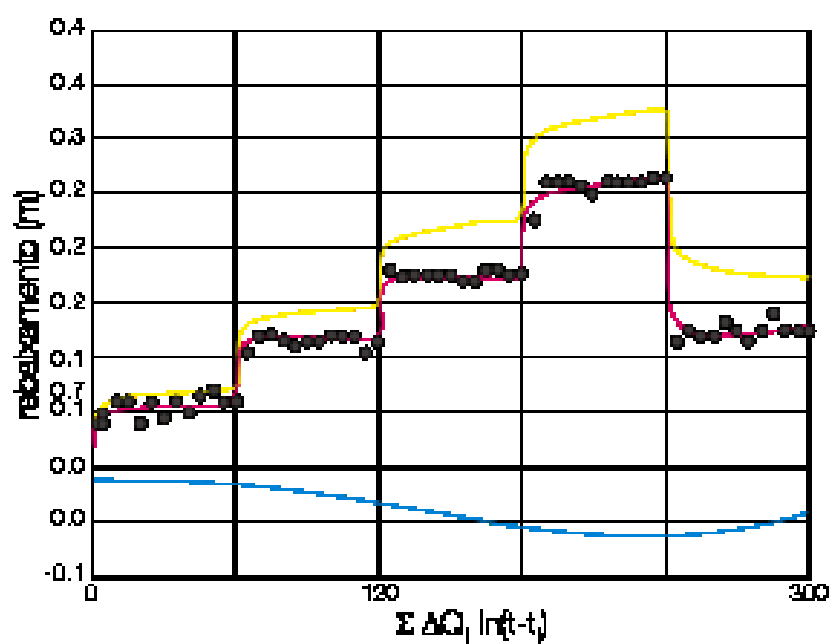


### > furo SP – 3

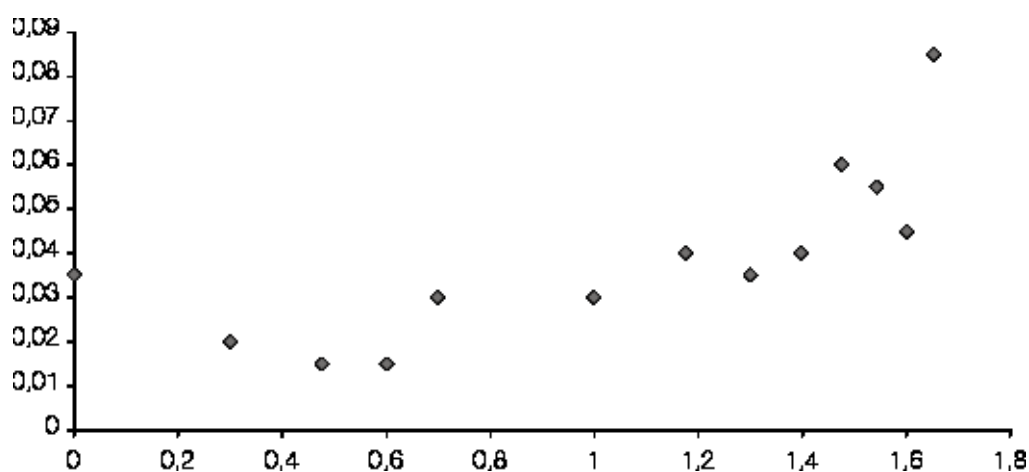
$T=2000 \text{ m}^2/\text{dia}$

> furo SP – 34

T=2746 m<sup>2</sup>/dia



> furo SP – 39

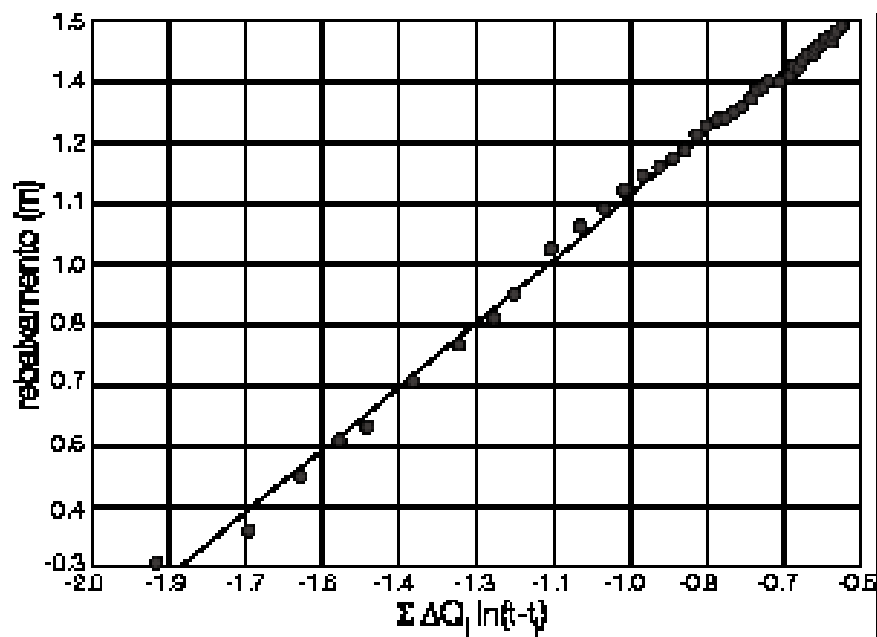


### > furo FBE – 169

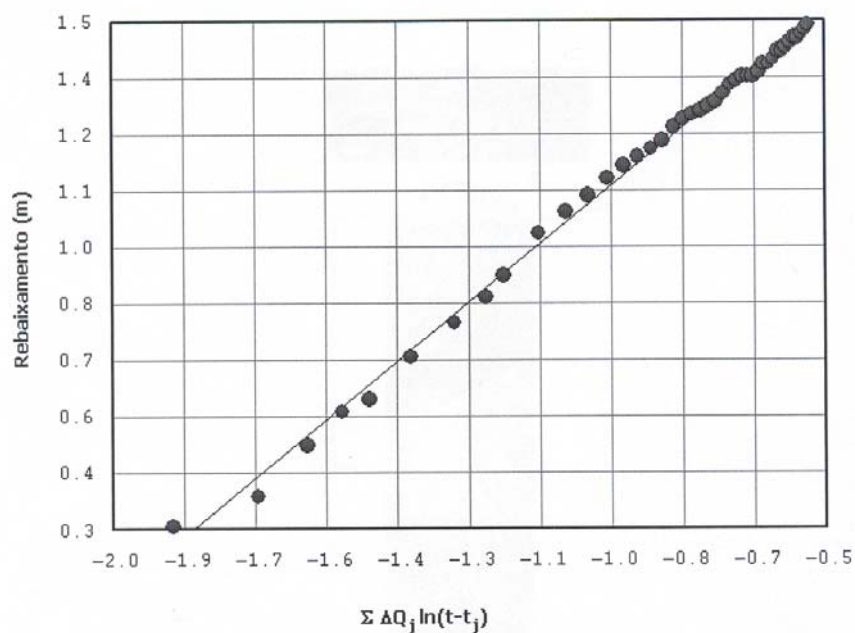
Vários ensaios. Parece haver efeito de semi-confinamento, mas com recarga muito fácil (ou delgada espessura do aquitardo, ou permeabilidade considerável do aquitardo)

$T=67 \text{ m}^2/\text{dia}$  (valor médio)

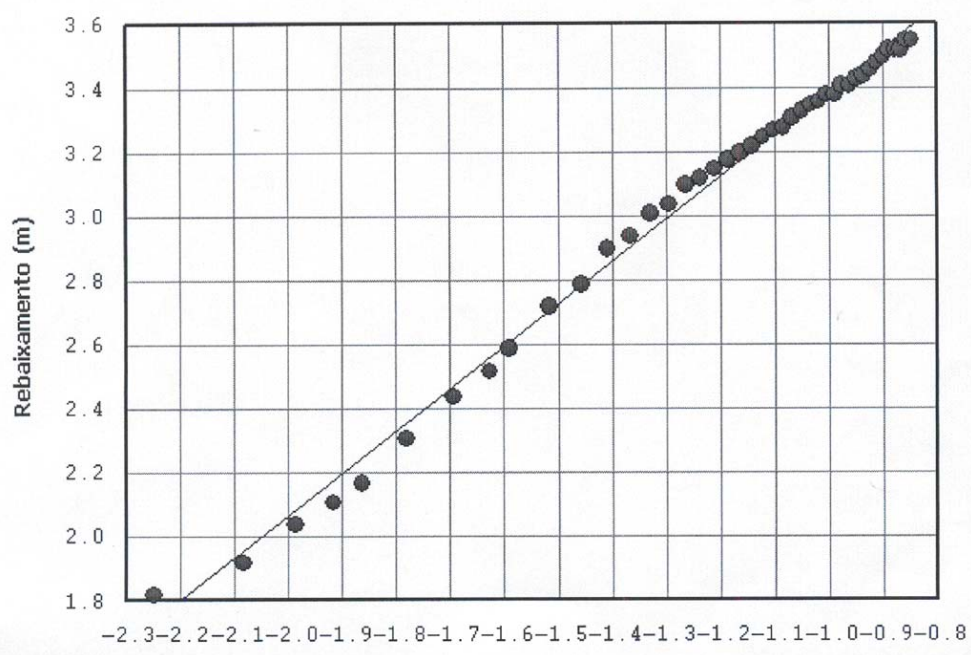
$B= 2\text{m}$ .



### 1º escalão



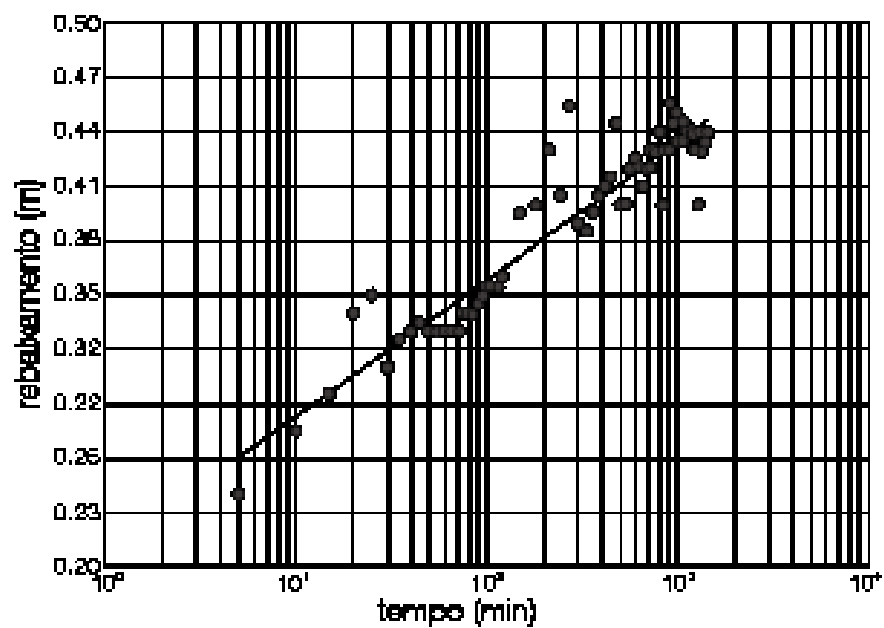
## 2º escalão



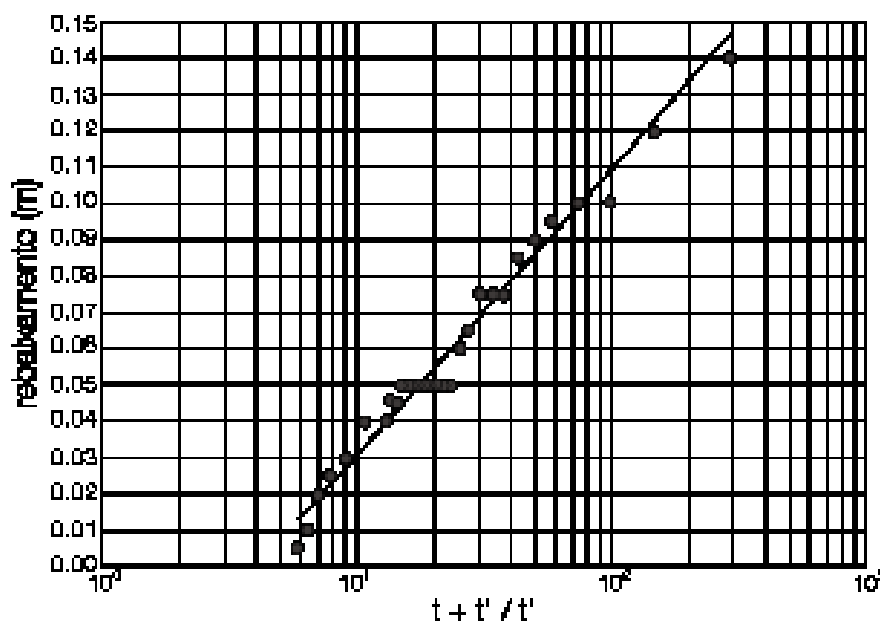
> furo PT – 33

> furo SP – 9

$T=2010 \text{ m}^2/\text{dia}$  (recuperação)



## RECUPERAÇÃO



**Importante:** Todos estes furos se situam no fundo de ribeiras, onde por cima das pillow-lavas do PA ocorrem cascalheiras da Unidade Recente.

### 6.7. UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

#### MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL

As formações geológicas caracterizadas anteriormente formam três unidades hidrogeológicas principais, com características e comportamentos hidráulicos que as diferenciam (FIGURA SEGUINTE).

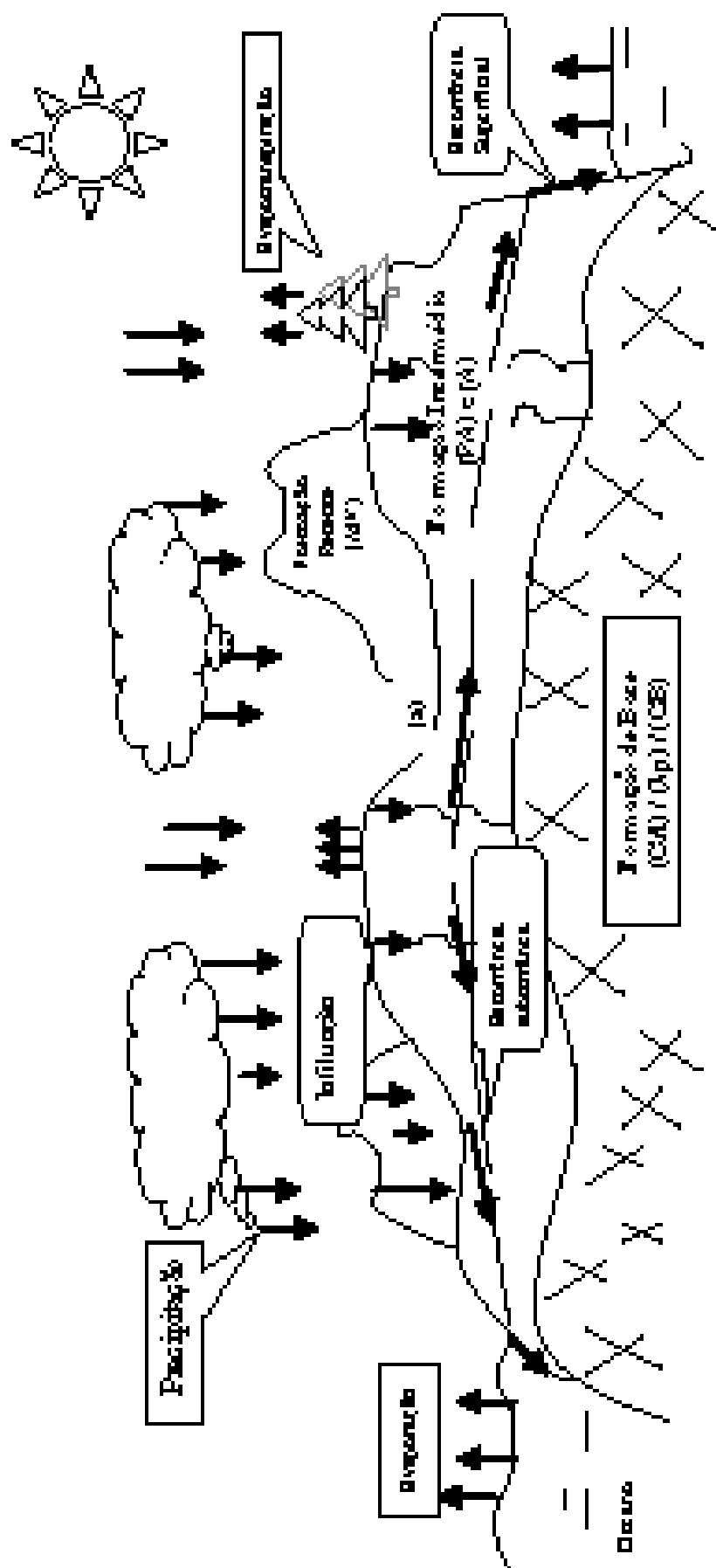


Fig. 6.7.1. Modelo hidrogeológico conceptual da ilha de Santiago.

A **UNIDADE DE BASE** é constituída pelo Complexo Eruptivo Interno Antigo(CA) de idade ante-Miocénico médio, a Formação dos Flamengos ( $\lambda\rho$ ) do Miocénico médio, e a Formação dos Órgãos Conglomerático-Brechóide, também do Miocénico médio. Caracteriza-se por um grau de compactação elevado que lhe confere uma baixa permeabilidade relativamente às formações geológicas mais recentes. Esta unidade tem valores médios de transmissividade bastante baixos ( $0,2$  a  $5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ ) e caudais médios de exploração também reduzidos. Os caudais máximos esperados são da ordem de  $5$  a  $7 \text{ m}^3/\text{h}$ .

No caso da Formação dos Flamengos, quando se exploram mantos basálticos submarinos (com pillow-lavas), a produtividade é mais elevada.

No que respeita à qualidade, as águas desta unidade apresentam-se em geral com mineralizações elevadas e tanto mais, quanto mais antigas forem as formações captadas.

A **UNIDADE INTERMÉDIA** é constituída pelas formações do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia (PA), do Mio-Pliocénico e da Assomada (A) de idade Pliocénico. O Complexo Eruptivo do Pico da Antónia é a unidade geológica mais extensa e espessa da ilha e apresenta uma permeabilidade muito superior à série de base, constituindo assim a principal unidade aquífera.

Nas zonas onde predominam pillow lavas (fácies submarina), os valores da transmissividade são da ordem de  $10^{-1}$  a  $2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ . Nas zonas de brechas (fácies subaérea), a transmissividade média é de  $1$  a  $2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ . A produtividade é elevada, da ordem dos  $35$  a  $40 \text{ m}^3/\text{h}$  nos mantos basálticos submarinos.

O caudal médio de exploração na Formação da Assomada ronda  $20$ – $25 \text{ m}^3/\text{h}$  e rebaixamentos pouco importantes, sendo esta produtividade similar à da fácies subaérea do Pico da Antónia. A transmissividade calculada é de  $10^{-4}$  a  $5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ .

As características qualitativas das águas desta unidade são as melhores da ilha de Santiago.

A **UNIDADE RECENTE** é constituída pela Formação do Monte das Vacas (MV) de idade Pliocénico e aluviões (a) do Quaternário. A Formação do Monte das Vacas (MV), formada principalmente por cones piroclásticos basálticos e derrames associados, é muito permeável, facilitando a infiltração das águas em direcção ao aquífero principal. Os aluviões (a), comportam-se de acordo com as respectivas granulometrias, espessuras e percentagens de argilas. Assim, quando se apresentam espessas, grosseiras e isentas de argila, possuem porosidade e permeabilidades elevadas, pelo que permitem furos de grande produtividade, como se pode observar na parte terminal da Ribeira dos Flamengos, Achada Baleia, Seca e na Ribeira dos Picos, chegando a atingir caudais médios de exploração  $40 \text{ m}^3/\text{h}$ , com uma exploração média de  $12$  horas/dia e com uma transmissividade de  $10^{-1}$  a  $2 \cdot 10^{-2}$ .



m<sup>2</sup>/s. Quando observados a montante e com espessuras reduzidas o caudal médio de exploração é de 8 m<sup>3</sup>/h e com uma transmissividade de 10<sup>-4</sup> a 10<sup>-5</sup> m<sup>2</sup>/s.

## MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL

Na Fig 6.7.2. apresenta-se o mapa piezométrico da Ilha de Santiago, obtido com níveis medidos na campanha de campo de 2003.

Como se pode apreciar, as linhas isopiezométricas têm uma configuração que, de certo modo, corresponde ao da altimetria da Ilha. Com efeito, os valores mais altos situam-se na parte central, nas zonas de maior altitude, onde:

Por um lado, a recarga é mais importante, por ser nas grandes elevações que se registam os maiores valores de precipitação;

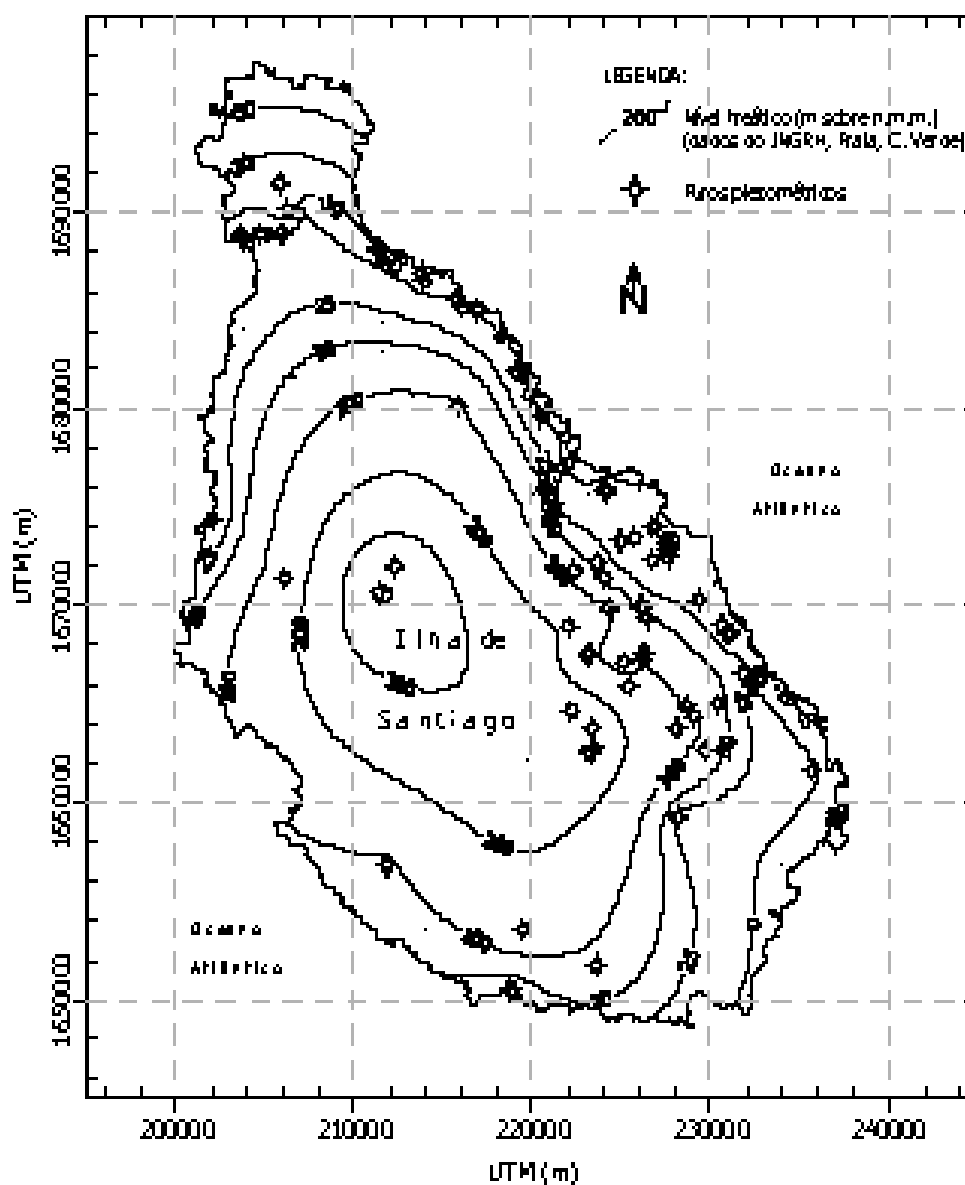


Fig6.7.2. Mapa piezométrico da ilha de Santiago (Pina et al., 2005).

Por outro lado, nessas zonas de declives muito acentuados, as extracções são praticamente inexistentes.

O sentido geral do fluxo subterrâneo é “*centrífugo*”, isto é, vai da parte central para as zonas costeiras.

Os gradientes são altos, embora sejam mais suaves junto à costa.

A recarga é feita por infiltração da água da chuva através das unidades mais permeáveis mas é manifestamente escassa quando comparada com os volumes captados para irrigação e abastecimento público das povoações. Cálculos aproximados da recarga com base na concentração média de cloretos na água da chuva e água subterrânea revelam valores bastante inferiores a 50 mm/ano.

A evolução dos níveis piezométricos verificada nos últimos anos, demonstra que, actualmente, a exploração é superior à recarga. Como consequência há já sinais evidentes de fenómenos de intrusão marinha em algumas zonas, tal como se abordará nos próximos capítulos. Mas pode desde já destacar-se que em Ribeira Seca (concelho de Santa Cruz) e Achada Baleia (concelho de S. Domingos), a interface água doce/água salgada, já avançou a alguns quilómetros da linha de costa. E este é um dos principais perigos que a exploração dos recursos hídricos subterrâneos configura na Ilha de Santiago.

## **6.8. COMPORTAMENTO DAS ROCHAS VULCÂNICAS FACE À CIRCULAÇÃO DAS ÁGUAS**

### **6.8.1. Introdução**

As rochas vulcânicas apresentam características muito diversas à circulação das águas consoante a sua natureza, modo de jazida e estado de alteração.

A natureza e as quantidades emitidas de lavas têm grande importância no comportamento dos depósitos face à circulação interna e externa das águas.

De acordo com Emílio Custódio, em “Hidrogeologia de las Rocas Volcanicas”, pg. 35, Palermo, 1975, as formações vulcânicas que têm maior interesse sob o ponto de vista da água subterrânea, são as espessas e/ou extensas e as que podem ter influência no movimento das águas, como por exemplo, os diques.

Na ilha de Santiago há um claro predomínio de rochas basálticas e, por essa razão, são essas rochas que condicionam o comportamento da circulação da água nos aparelhos vulcânicos. Além disso, há relações bastante diversas de acordo com as espessuras de cada fase emitida quer seja efusiva, quer seja explosiva. A

quantidade de gases vai condicionar também a jazida, pelo que é, de igual modo, outro factor de grande importância naqueles depósitos.

A presença de brechas de topo e de base nos mantos basálticos sub-aéreos, mesmo em pequenas percentagens, em espessos empilhamentos de escoadas lávicas na ilha de Santiago, confere ao conjunto grande porosidade por onde a água circula com muita facilidade, originando verdadeiros canais internos. Há belos exemplos na ilha de Santiago, tal como o vale de S. Domingos e o vale da Ribeira Grande da cidade Velha.

As lavas submarinas são, pelo seu modo de jazida, empilhamentos de rolos ou almofadas, à mistura com algumas brechas, altamente permeáveis.

A presença de disjunção prismática ou colunar nos mantos basálticos sub-aéreos do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia (PA) e da Formação da Assomada (A) dá grande capacidade de armazenamento aos edifícios vulcânicos. Assim, uma escoada começa por apresentar a disjunção prismática ou colunar, perpendicular às superfícies de arrefecimento. Neste estado, a circulação dentro da escoada faz-se principalmente na vertical. Mais tarde, com aparecimento da disjunção em lajes, paralela à fluência da lava, a circulação faz-se, também, ao longo da escoada. Os estados seguintes de alteração (disjunção em bolas, arenização e argilificação) conduzem, progressivamente, à perda da porosidade, uma vez que se formam cada vez maiores quantidades de materiais argilosos.

## **Rochas e Formações Vulcânicas**

As rochas vulcânicas constituem as principais formações geológicas em muitas regiões vulcânicas do mundo, tais como, Oriental de Sibéria, Deccan, Paraná, Arquipélagos e Ilhas, como Açores, Madeira, Cabo Verde e Canárias. A ilha de Santiago do Arquipélago de Cabo Verde, objecto da Tese do nosso Doutoramento **“Hidrogeologia e Recursos Hídricos da Ilha de Santiago”** é um exemplo típico de uma ilha constituída predominantemente por rochas vulcânicas básicas (basálticas).

O seu papel hidrogeológico como aquífero, está na dependência directa das suas características hidrogeológicas e das suas propriedades hidráulicas, como pode ser constataado pela experiência directa vivida na execução e/ou acompanhamento de trabalhos de pesquisa, captação, exploração, gestão e controlo de águas subterrâneas, a nível geral da ilha.

Estudos geológicos e hidrogeológicos realizados permitiram conhecer o comportamento das rochas básicas (basálticas), de acordo com a sua natureza (básica), modo de jazida (piroclastos, escoadas, chaminés, filões, subaéreos e submarinos), estado de alteração (disjunções e argilificação) e acção do clima e da cobertura vegetal na alteração das rochas vulcânicas.

Também se ficou a conhecer o comportamento da circulação da água em sedimentos terrestres e marinhos.

### 6.8.2. Armazenamento e circulação da água

O armazenamento e circulação da água num edifício vulcânico, dependem de vários factores. Assim, o Complexo Eruptivo do Pico da Antónia (PA), de idade Mio-Pliocénica, por ser a formação geológica mais extensa e mais espessa e que tem influência directa no movimento das águas é, por excelência, o aquífero principal, com destaque para a sua componente submarina (*pillow-lavas*) que, devido à sua elevada permeabilidade em relação às formações geológicas antigas, tem proporcionado a obtenção de furos de caudais horários compreendidos entre 35 e 40 m<sup>3</sup>/h. A água é de boa qualidade (condutividade eléctrica da ordem de 400 µS/cm ao iniciar a exploração, mas que tem variado até cerca de 1.000 µS/cm com a exploração continuada ao longo dos anos). Esses valores foram observados nos furos FT-29, em Chão Bom, do Concelho do Tarrafal, FT-.59, na Ribeira dos Picos, do Concelho de Santa Cruz, FT-9, em Macati, na Ribeira Seca, do Concelho de Santa Cruz, furos esses que iniciaram a exploração nos anos de 1973 e 1974 e, por conseguinte, com mais de 30 anos de exploração continuada.

A componente sub-áerea do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia (PA) tem proporcionado caudais horários entre 12 e 25 m<sup>3</sup>, que se têm mantido ao longo de dezenas de anos de exploração continuada e com a condutividade eléctrica com um valor da ordem de 400/450 µS/cm.

O número de horas de bombagem aconselhada é de 12 (doze), Todavia, tem-se registado casos de exploração com maior número de horas de bombagem por dia.

A Formação da Assomada (A), de idade Pliocénica, apresenta um comportamento hidrogeológico bastante similar ao do apresentado pela componente subaérea do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia (PA), servindo de testemunho os furos FT-185, FBE.116 e FBE.161, todos na Assomada do Concelho de Santa Catarina, pelo que as duas Formações Geológicas acima referidas (PA e A) foram integradas, conjuntamente, na designada UNIDADE INTERMÉDIA (UI).

É digno de registo que quer o Complexo Eruptivo do Pico da Antónia (PA) quer a Formação da Assomada (A) apresentam nascentes com caudais de excelente produção e de boa qualidade, uma vez que a condutividade eléctrica varia entre 350 e 700 µS/cm, como são testemunhos as seguintes nascentes (tabela 10.3.1):

tab. 10.3.1. Caudais fornecidos por algumas nascentes da Unidade Intermédia (UI)

Nascentes	Formação Geológica ( $\mu\text{S/cm}$ )	Condutividade Eléctrica ( $\text{m}^3\text{dia}$ )	Volume
Águas Verdes 58–10/11	PA	380	860
Machado 51–201	PA	529	50
Águas Podres 51–6/7/8	A	720	730

A Formação do Monte das Vacas (MV), de idade Pliocénica/Quaternária, comporta-se hidrogeologicamente como uma via transmissora de água em direcção ao aquífero principal (PA).

A Formação do Monte das Vacas (MV), conjuntamente com as aluviões, de idade Quaternária, constituem a chamada UNIDADE RECENTE (UR).

A Formação dos Órgãos (CB), de idade Miocénica, a Formação dos Flamengos ( $\lambda\rho$ ), de idade Miocénica e o Complexo Eruptivo Interno Antigo (CA), de idade Ante-Miocénica, todas elas integram a designada UNIDADE DE BASE (UB), por serem relativamente compactas e se apresentarem com um caudal horário compreendido entre 5 a 7  $\text{m}^3$ , com uma condutividade sempre superior a 1.000  $\mu\text{S/cm}$ .

## Piroclastos

São os materiais emitidos nas fases explosivas resultantes da libertação de gases. Normalmente, no início da actividade eruptiva, há emissão de grandes quantidades de gases. Se essas condições se mantiverem durante a maior parte da emissão, formam-se espessos depósitos de piroclastos, os quais vão ter grande importância na circulação aquífera no edifício a que pertencem.

Os piroclastos sub-aéreos, quando são ou pouco alterados, apresentam grande porosidade, com comportamento semelhante ao das areias. Porém, se existem muitos materiais finos, por arrastamento pelas águas, irão tapar parcialmente os espaços dos piroclastos, reduzindo-lhes a porosidade. Além disso, aqueles materiais, constituídos quase exclusivamente por “vidro”, alteram-se rapidamente em argilas, as quais com a circulação aquífera irão progressivamente colmatar os espaços até a camada de piroclastos se tornar quase impermeável. Assim, com o avançar do estado de alteração, passa-se de uma rocha muito permeável, tipo areia grosseira, para uma rocha praticamente impermeável.

## Escoadas

Na maioria das emissões vulcânicas à actividade explosiva segue-se efusão de lavas. Em termos de porosidade o que se passa com as escoadas é o seguinte: uma escoada maciça no estado são é considerada impermeável; porém, com o

avancar da alteração e o aparecimento de disjunções colunar e/ou em lajes, torna-se progressivamente permeável, constituindo então boas condutas de circulação aquífera. Todavia, a intensificação da alteração, aparecimento de bolas de disjunção, arenização e argilificação, tornam progressivamente a escoada cada vez menos permeável, podendo chegar praticamente à impermeabilização. Uma escoada poderá atingir o último estágio de alteração, o de argilificação, principalmente em função das condições climáticas e não da sua antiguidade.

As escoadas lávicas sub-aéreas apresentam morfologia própria que se traduz na presença de brechas e crostas escoriáceas, formando uma bainha ou manga, onde no interior corre a lava líquida. É vulgar as rochas dessas escoadas, nas zonas mais internas, apresentarem cavidades, bolhas e vesículas em grande percentagem que, conjuntamente com outras estruturas secundárias, irão permitir a circulação aquífera no interior dos derrames.

## **Referências Bibliográficas**

**BRIGADA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE CABO VERDE E BURGÉAP, 1971,**

Indications pour essais de 15 minutes.

Indications pour essais de pompage dans des puits.

Légende des feuilles d'inventaire des points d'eau.

Observations sur la Ribeira Seca.

Ojectifs et implantations des premiers travaux de géophysique

Schema d'utilisation des eaux dans les grandes vallées de Santiago: esquisse d'un programme d'études et de travaux.

**BRIGADA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE CABO VERDE E BURGÉAP, 1972, Analyses d'eau**

Achadas Lem et Falcão – Programme de reconnaissance géophysique.

Achat de pompes pour équipement de forages a des fins d'irrigation.

Alimentation en eau de Santa Catarina. Equipement du forage FT8 (Santiago).

Alimentation en eau des villages d'altitude. Captage des sources de Praia Ladrão et N.S. de Socorro (Fogo).

Calcul des caractéristiques d'une pompe a axe vertical.

Construction d'un tube jaugeur à diaphragme.

Construction d'une déviation et d'un barrage d'emmagasinement Ribeira dos Picos.

Essai de débit à Pedra Empena.

Essais de débit sur les forages.

Estimation du coût d'un approfondissement de puits par battage.

Exploitation du forage FT5.

Exploitation du puits 55–156 dans la vallée de San Domingos (Santiago).

FT13 – Interprétation de l'essai de pompage.

FT8 – Interprétation de l'essai de pompage.

Ile de Fogo – Observations dans la Caldeira.

Interprétation de l'effet de marée sur les forages FT6 et FT7.

Note préliminaire de l'exploitation de la nappe alluviale de Ribeira da Prata (Santiago).  
 Observations géologiques et implantation d'un sondage à Assomada (Santiago)  
 Observations sur le captage des sources de Fazenda et de Pedra Empena (Monte Graciosa).  
 Orientation des travaux de reconnaissance à Fogo.  
 Principes de construction de puits avec colonne en béton.  
 Programme des forages de reconnaissance dans l'île de Fogo.  
 Programme du forage FT1.  
 Programme du forage FT10.  
 Programme du forage FT2.  
 Programme du forage FT3.  
 Programme du forage FT4.  
 Programme du forage FT5.  
 Programme du forage FT6.  
 Programme du forage FT7.  
 Programme du forage FT8.  
 Programme du forage FT9.  
 Projet de mise en valeur de la Ribeira Seca (Santiago).  
 Projet d'équipement des forages FT 1, 2, 5 et 7 (Santiago).  
 S.Nicolau. Premières observations géologiques (EC).  
 San Martinho Pequeno (Santiago).  
 Utilisation du drain du CECV sous le «Ponte de Ferro» des Orgãos (Santiago).

#### **BRIGADA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE CABO VERDE E BURGÉAP, 1973**

Aménagement d'Ilheu. Projet de modification de la dérivation (Santiago).  
 Bilan hydrique. Rappels des méthodes et des formules d'ETP et d'ETR.  
 Contrôle de l'exploitation des eaux souterraines programme de l'équipe de contrôle.  
 Courbe caractéristique  $s = s(Q, t_0)$ .  
 Equipement des forages – Critères de choix des pompes.  
 Evolution du débit d'un forage dans le cas de rabattement constant.  
 Evolution du niveau dynamique moyen (pompage discontinu).  
 Expérimentation de recharge artificielle. Ribeira de São Domingos (Santiago).  
 Exploitation des forages d'Achada Baleia (Santiago).  
 Exploitation des forages de Ribeira Grande Chão Bom.  
 Exploitation du forage FT 21. Varzea Santana (Santiago).  
 Intérêt des puits traditionnels.  
 Invasion des eaux marines.  
 Le problème des irrigations de Praia Baixo (Santiago).  
 Les routes et leurs implications dans le domaine hydroagricole.  
 Mesure de débit avec des orifices rectangulaires. application A Chão Bom.  
 Mise en exploitation du forage FT12.  
 Palmarejo Pequeno – Invasion saline.  
 Platinisation des électrodes d'un résistivimètre. Durée d'utilisation de la solution.  
 Praia Baixo (Santiago).

Ribeira de São Domingos. Exploitation des ressources en eau (Santiago).  
 Ribeira do Manguê (Monte Negro) Extension des irrigations (Santiago).  
 Ribeiras da Barca et do Charco. Programme de travaux (Santiago).  
 Santo Antão . Ribeira da Janela. Amélioration de l'exploration des ressources en eau.  
 Santo Antão. Problème des eaux souterraines.  
 Test des forages par injection.

AGÊNCIA JAPONESA DE COOPERAÇÃO INTERNACIONAL E INSTITUTO NACIONAL DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DE CABO VERDE, 1999. Estudo sobre o desenvolvimento da água subterrânea na Ilha de Santiago da República de Cabo Verde – Relatório final.

ALLEN, Alistair and CHAPMAN, Deborah, 2001. Impacts of afforestation on groundwater resources and quality. *Hydrogeology Journal*, Irlanda.

ALLIAGA, R., Sahuquillo, A. y CUSTODIO, E., 2004. Estimación de parámetros hidrogeológicos en una formación de baja permeabilidad. *Boletín Geológico y Minero*, Madrid.

APPLEYARD, S. 1995. The impact of urban development on recharge and groundwater quality in a coastal aquifer near Perth, Western, Austrália.

ASSUNÇÃO, C. T. (1968). *Geologia da Província de Cabo Verde*, Curso de Geologia do Ultramar, Lisboa.

AWADI, E.A., MUKHOPADHYAY, A. and SENAFY, M. N., 1998. Geology and Hidrogeology of the Damman Formation in Kuwait. *Hydrogeology Journal*, Kuwait.

AZEVEDO, José Manuel Martins, 1995. *Geologia e Hidrogeologia da Ilha das Flores (Açores, Portugal)* Coimbra.

BEBIANO, J. B. (1932). *A Geologia do Arquipélago de Cabo Verde*, Com. Ser. Geol de Portugal, Lisboa.

BEKESI, Gabor and McCONCHIE, Jack, 2002. The use of aquifer– media characteristics to model vulnerability to contamination, Manawater region, New Zealand, *Hydrogeology Journal*.

BIRKLE P., RODRIGUEZ, V. Torres and PARTIDA E. Gonzalez, 1998. The water balance for the Basin of the Valley of México and implications for future water consumption, *Hydrogeology Journal*.

BLESAY, Miguel A. 2001. Geochemistry in the alluvial plain of Tucumán Province, Argentina. *Hydrogeology Journal*.

BÖHLKE, John – Karl, 2002. Groundwater recharge and agricultural contamination, *Hydrogeology Journal*.

BREUCK, W. De, 1991. Hydrogeology of Salt Water Intrusion. *Hydrogeology Journal*.

BRIGADA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE CABO VERDE E BURGÉAP, 1971, Indications pour essais de pompage dans des puits.

BRIGADA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE CABO VERDE E BURGÉAP, 1971–1973. La mise en valeur des eaux souterraines dans l'Archipel du Cap Vert– Rapport Préliminaire. Esquisse Hidrogeológica des îles du Cap Vert. Perspectives de développement des ressources en eau souterraine, Paris.



- BRIGADA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE CABO VERDE E BURGÉAP, 1972, Analyses d'eau
- BRIGADA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE CABO VERDE E BURGÉAP, 1973
- BRIGADA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE CABO VERDE E BURGÉAP, 1974. La mise en valeur des eaux souterraines dans l'Archipel du Cap Vert– Rapport de fin de mission, Juillet.
- BRIGADA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE CABO VERDE E BURGÉAP (1971) – Note Technique – Schéma d'utilisation des eaux dans les grandes vallées de Santiago; esquisse d'un programme d'études et de travaux, Praia.
- BRIGADA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE CABO VERDE E BURGÉAP (1972). Note Interne – Achadas Lém e Falcão – Programme de reconnaissance géophysique, Praia.
- BRIGADA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE CABO VERDE E BURGÉAP (1973). Note Technique – Ribeira de São Domingos. Exploitation des ressources en eau (Santiago), Praia.
- BRIGADA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE CAVO VERDE E BURGÉAP (1971). Note Interne – Observations sur la Ribeira Seca, Praia.
- BRIGADA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE CABO VERDE E BURGÉAP (1972). Note Technique – Observations géologiques et implantation d'un sondage à Assomada (Santiago), Praia.
- BURGÉAP, 1969. La mise en valeur des eaux souterraines dans l'Archipel du Cap Vert– Rapport Préliminaire. Esquisse Hidrogeologique des îles du Cap Vert. Perspectives de development des ressources en eau souterraine, Paris.
- BURGÉAP, 1974. La mise en valeur des eaux souterraines dans l'Archipel du Cap Vert– Rapport de fin de mission, Paris.
- CASCOYNE, M., 1997, Evolution of redox conditions and groundwater composition in recharge – discharge environments on the Canadian Shield. Hydrogeology Journal.
- CASTANY, G. 1967. Traité pratique des eaux souterraines, Paris
- CASTANY, G. 1968. Prospection et exploitation des eaux souterraines, Paris.
- CHEN, Honghan, ZHANG Yongxiang, WANG, Yinmin, REN, Zhongyre and LiLi, 1977 – Salt– Water Intrusion in the Lower Reaches of the weitee River, Shandong Province, China
- CHETTRI, Madhy and SMITH Geoffrey D. 1995 Nitrate poluttion in groundwater in selected districts of Nepal, Hydrogeology Journal.
- CHILTON P. John. and FORSTER, Stephen S. D., 1995. Hydrogeological characterisation and Water– Supply potential of basement aquifers in Tropical Africa. Hydrogeology Journal, Reino Unido.
- CRUZ, J. Virgílio e SILVA, M. Oliveira, 2001. Hydrogeology framework of Pico Island, Azores, Portugal, Hydrogeology Journal, Portugal.
- CUSTODIO, E. 1975. Hidrogeologia de las rocas volcanicas, Palermo.
- CUSTODIO, E.e LLAMAS, M. R. – 1975. Hidrologia Subterránea. Ediciones Omega, Barcelona.
- DERRUAU M. (1972). Précis de Géomorphologie, Paris.
- FARIA, F. Xavier de (1970). Os solos da Ilha de Santiago, Estudos, Ensaio e Documentos, Lisboa.
- FERNANDOPULLÉ, DENIS, 1978 Ressources en eaux souterraines. Iles du Cap Vert. (Rapport Intermediaire)

- FERNANDOPULLÉ, DENIS, 1980 Recherche et mise en valeur des eaux souterraines. Conclusions et Recommendations du projet DP / UN / CVI – 75 – 001, U.S.A.
- FERNANDOPULLÉ, DENIS, 1980 Recherche et mise en valeur des eaux souterraines. Rapport Terminal du projet CVI / 75 / 001 – BCT / P.N.U.D. Praia
- GOMES, Alberto da Mota (1978). Nota Técnica Nº 2/978. Controlo de Exploração, Praia.
- GOMES, Alberto da Mota (1979). Nota Técnica Nº 4/979 – Dados complementares ao estudo do Projecto Hidroagrícola da Achada Baleia /Baía, Praia.
- GOMES, Alberto da Mota (1980). Nota Técnica Nº 6/980 – Programação dos Trabalhos de Águas do Projecto Hidroagrícola de Tarrafal, Praia.
- GOMES, Alberto da Mota (1981). Nota Técnica Nº 14/1981 – Resultado dos trabalhos realizados de 14/7/1981 a 10/10/1981, Praia.
- GOMES, Alberto da Mota (1982). Nota Técnica Nº 16/982 – Projecto João Varela, Pesquisa de Águas Subterrâneas – Programa de trabalho para o período 1982/1985, Praia.
- GOMES, Alberto da Mota (1982). Nota Técnica Nº 17/1982 – Projecto João Varela, Pesquisa de Águas Subterrâneas – Resultado dos trabalhos até 28/2/1982, Praia.
- GOMES, Alberto da Mota (1987). Informações Geológicas da zona do ex-campo de golf, na Várzea da Companhia, Praia.
- GOMES, Alberto da Mota (1991). Geologia da República de Cabo Verde, Praia.
- GOMES, Alberto da Mota e HAUPT, Manfredo (1981) Nota Técnica Nº 11/1981 – Abastecimento em água potável à Cidade da Praia, Praia.
- GOMES, Alberto da Mota e PINA, António Filipe Lobo de, 2003. Problemas de Recursos Hídricos em Ilhas – Exemplo da Ilha de Santiago: caso da Bacia Hidrográfica da Ribeira Grande da Cidade Velha. Caso da Bacia Hidrográfica da Ribeira Seca, Praia.
- GOMES, Alberto da Mota e SILVA, Rui L. da C. dos R. (1987). Estudo da Bacia Hidrográfica da Ribeira da Selada. Características Físicas e Geomorfológicas. Avaliação dos Recursos Hídricos, Praia.
- GOMES, Alberto da Mota, 1978. Dados complementares ao estudo do Projecto Hidroagrícola do Tarrafal (Nota Técnica nº 1/ 1978), Praia.
- GOMES, Alberto da Mota, 1979. Dados complementares ao estudo do Projecto Hidroagrícola de Achada Baleia/Baía (Nota Técnica nº 4/979), Praia.
- GOMES, Alberto da Mota, 1979. Dados de campo referentes ao Projecto Hidroagrícola do Tarrafal (Nota Técnica nº 3/979), Praia.
- GOMES, Alberto da Mota, 1980. A Hidrogeologia de Santiago, Praia.
- GOMES, Alberto da Mota, 1980. Dados complementares ao estudo do Projecto Hidroagrícola de João Varela (Nota Técnica nº 7/ 80), Praia.
- GOMES, Alberto da Mota, 1980. Programação dos trabalhos de águas do Projecto Hidroagrícola do Tarrafal (Nota Técnica nº 6/80), Praia.
- GOMES, Alberto da Mota, 1980. Projecto de Investigação Hidrogeológica da Ilha de Santiago, Praia.
- GOMES, Alberto da Mota, 1980. Projecto Hidroagrícola de Santa Catarina (Nota Técnica nº 8/ 80), Praia.

- GOMES, Alberto da Mota, 1981. Ensaio de Bombagem, Praia.
- GOMES, Alberto da Mota (1980). Nota Técnica Nº 7/1980 – Dados complementares ao estudo do Projecto Hidroagrícola de João Varela, Praia.
- JACKSON, Thomas, J. 2002. Remot sensing of soil moisture: implications for groundwater recharge. Hydrogeology Journal.
- LEWIS, M. F. and WALKER, G. R. 2002 – Assessing the potential for significant and episodic recharge in southeastern Australia using rainfall data.
- LOGAN John (1979). Water resources of the Tarrafal área, Santiago, Cape Verde Islands, Praia.
- LOGAN, John, 1979. Water Resource of the Tarrafal area, Santiago Cape Verde Islands.
- McDONALD, G. A. (1972). Volcanoes, Cliffs.
- MOUSAVI, Sayed – Fanhad and REZAI, Vafa, 1999. Evaluation of scraping treatments to restore initial infiltration capacity of three artificial recharge projects in central Iran Hydrogeology Journal. Irão.
- NAÇÕES UNIDAS – 1983 Investigación y Desarrollo de Recursos de Agua Cabo Verde DP / UN / CVI – 79 – 001 / 1. Conclusiones y Recomendaciones del Project Nueva York.
- NAÇÕES UNIDAS (1980). Recherche et mise en valeur des eaux souterraines, CAP – VERT, Conclusions et recommandations du projet, Nova Iorque.
- NAÇÕES UNIDAS (1983). Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo – Investigación y Desarrollo de Recursos de Agua, Cabo Verde, Conclusiones y recomendaciones del proyecto, Madrid.
- NAÇÕES UNIDAS –1980 Recherche et mise en valeur des eaux souterraines, CAP VERT. Conclusions et recommandations DP / UN / CVI – 75 – 001 / 1.
- NISHIKAWA, Tracy – 1997 Testing alternative conceptual models of seawater intrusion in a coastal aquifer using computer simulation, Southern California, U.S.A. Hydrogeology Journal.
- PAILLET, F. C. 1995. using borehole flow logging to optimize hydraulic – the procedures in heterogeneous fractured aquifers – Hydrogeology Journal.
- PARSONS, Roger and TREDoux, Gideon. Development of a strategy to monitor groundwater quality.
- PETALAS, C.P. and DIHMANTIS, I. B. 1998. Origin and distribution of saline groundwater in the upper Miocene aquifer system, coastal Rhodope area, northeastern Greece Hydrogeology Journal.
- PINA, A. F. Lobo de, GOMES, Alberto da Mota, ALMEIDA, Eugénio P. e SANTOS, Fernando A. Monteiro 2005. Caracterização Geoeléctrica da zona Este (Santa Cruz) da Ilha de Santiago (Cabo Verde).
- PINA, A. F. Lobo de, GOMES, Alberto da Mota, MELO, T. Condesso e, SILVA, M. A. Marques 2005 Caracterização hidrogeoquímica das principais unidades aquíferas da Ilha de Santiago, Cabo Verde.
- PNUD / INGRH 1983 – Esquema Director dos Recursos Hídricos.

- PNUD 1980 – Recherche et mise en valeur des eaux souterraines. Rapport Terminal du Projet. CVI / 75 / 001 – BCT / PNUD.
- QUERIDO, Arrigo H. F. (1979). Projecto de pesquisa de águas subterrâneas nos planaltos de Santa Catarina, Praia.
- RITTMANN A. (1963). Les volcans et leur activité, Parais.
- RODRIGUES, Francisco Cota, 2002. A Hidrogeologia da Ilha Terceira (Açores, Portugal). Angra do Heroísmo.
- RODVANG, S. J. and SIMPKINS, W.W. – 2001 Agricultural contaminants in Quaternary aquifers: a review of occurrence and fate in North America. Hydrogeology Journal.
- SANTOS, Fernando A. Monteiro ALMEIDA, Eugénio, P., GOMES, Alberto da Mota e PINA, António Filipe L. 2005 Electromagnetic investigation in Santiago Island (Cabo Verde) using magnetotellurics and VLF.
- SAYED, Shabbir A. S. and Al-RUWAIN Fawzir. 1995. Relationships among hydraulic characteristics of the Damman aquifer and wells in Kuwait Hydrogeology Journal.
- SERRALHEIRO A. (1970). Geologia da Ilha do Maio (Cabo Verde), Lisboa.
- SERRALHEIRO A. (1976). A Geologia da Ilha de Santiago (Cabo Verde), Praia.
- SERRALHEIRO A. (1990). Comportamento das Rochas Vulcânicas à circulação das águas, Lisboa.
- SERRALHEIRO A. *et al.* (1974). Note préliminaire sur la géologie de l'île de Boa Vista (Cap Vert), Lisboa.
- SOPHOCLEOUS, Marios, 2005. Interactions between groundwater and surface: the state of science.
- TEEUW, Richard M. 1995 – Groundwater exploration using remote sensing and a low – cost geographical information system Hydrogeology Journal.
- TEIXEIRA C. (1950). Notas sobre a geologia das ilhas atlânticas, Lisboa.

**7.**

## **QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**



## 7.1. INTRODUÇÃO

A qualidade das águas subterrâneas é muitas vezes um factor limitador da utilização dos recursos hidrogeológicos em ilhas vulcânicas. A existência de formações geológicas de elevada permeabilidade, associada à ocorrência de períodos de seca prolongados e ao aumento significativo das populações associadas às principais zonas urbanas e turísticas, tem contribuído, em muitas zonas, para a sobre-exploração dos principais recursos de água doce, aumentando o risco de gradual salinização das águas subterrâneas. Por outro lado, a existência de extensas áreas de cultivos de regadio e a falta de saneamento básico também têm contribuído para uma gradual degradação da qualidade destes recursos.

A este tipo de contaminações, associadas directa ou indirectamente à actividade do próprio Homem, acrescem por vezes outras de origem natural e resultantes dos processos de interacção água-rocha, e que levam por vezes à presença de elementos menores e vestigiários em concentrações anómalas e com potencial risco para a saúde pública.

A garantia da qualidade de água para consumo humano tem vindo a ser nos últimos anos uma das grandes preocupações do Instituto Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos (INGRH) de Cabo Verde. Há uma clara consciencialização de que os recursos de água de boa qualidade representam saúde para a população, o que levou a que todos os concelhos da ilha de Santiago criassem no seu seio um Serviço Autónomo de Água e Saneamento que tem como principal tarefa garantir a qualidade da água da sua região.

## 7.2. METODOLOGIA – CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA GERAL

Para o presente estudo e com o objectivo de caracterizar a qualidade das águas subterrâneas da Ilha de Santiago, foram seleccionados 132 pontos de água (furos, poços e nascentes) com base nas características topográficas, geológicas e hidrogeológicas da ilha. A recolha das amostras de água foi realizada em duas campanhas de campo, a primeira realizada em Junho 2003 em plena época de estiagem, e a segunda, em Dezembro 2003, depois da época de chuvas.

As amostras de água foram recolhidas após a estabilização dos seguintes parâmetros de campo – pH, temperatura e condutividade eléctrica. O oxigénio dissolvido (OD) e o potencial redox (Eh) não foram medidos em campo devido à impossibilidade de utilizar uma célula de fluxo para monitorização em contínuo.

Em laboratório, procedeu-se à determinação dos iões mais importantes – cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), sódio ( $\text{Na}^+$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ) e ainda da sílica dissolvida ( $\text{SiO}_2$ )

por Espectrometria de Absorção Atômica; cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) por Cromatografia Iônica; e de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) por Titulação Potenciométrica. Todas as análises químicas de águas foram realizadas nos laboratórios do Instituto Nacional Investigação e Desenvolvimento Agrícola (INIDA).

### **7.3. CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA DAS PRINCIPAIS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS DA ILHA DE SANTIAGO**

A caracterização hidroquímica da Ilha de Santiago foi feita com base na análise dos resultados analíticos obtidos para os principais iões em solução. A composição química das águas analisadas na ilha de Santiago apresenta significativas variações em função da geologia, tempo de residência e do impacto das actividades antrópicas e dos processos de intrusão marinha. Estas variações traduzem-se na presença de unidades hidrogeológicas com diferentes fácies hidroquímicas (Figura 7.1) e, diferentes intervalos de concentrações para ião maior em solução (Tabela 7.1).

Na ausência de episódios de contaminação, as águas subterrâneas têm uma composição do tipo  $\text{Na-HCO}_3\text{-Cl}$  nas zonas mais altas da ilha, onde afloram as formações da Unidade Aquífera Intermédia. Esta composição, quando em amostras de reduzida condutividade, revela a influência do aerosol marinho na composição da água de infiltração recente. A presença de ião bicarbonato poderá estar relacionada com a reacção com o  $\text{CO}_2$  do solo durante o processo de infiltração nas zonas de recarga. Os valores de pH destas águas são ligeiramente ácidos ( $<7,0$ ) e as salinidades ainda moderadas ( $< 1000 \mu\text{S/cm}$ ).

Nas zonas mais próximas da costa ocorrem águas de composição  $\text{Mg-Cl}$  ou  $\text{Na-Cl}$ , e com valores de pH mais elevados. Estas últimas predominam nas partes terminais das ribeiras, onde afloram materiais de elevada permeabilidade, e o excesso de bombagem para irrigação tem conduzido a um avanço da cunha de intrusão marinha. A ocorrência da fácies  $\text{Na-Cl}$  é neste caso o resultado de processos de intercâmbio catiónico que ocorrem durante o processo de intrusão e é concordante com os elevados teores de cloretos e de condutividade eléctrica observados.



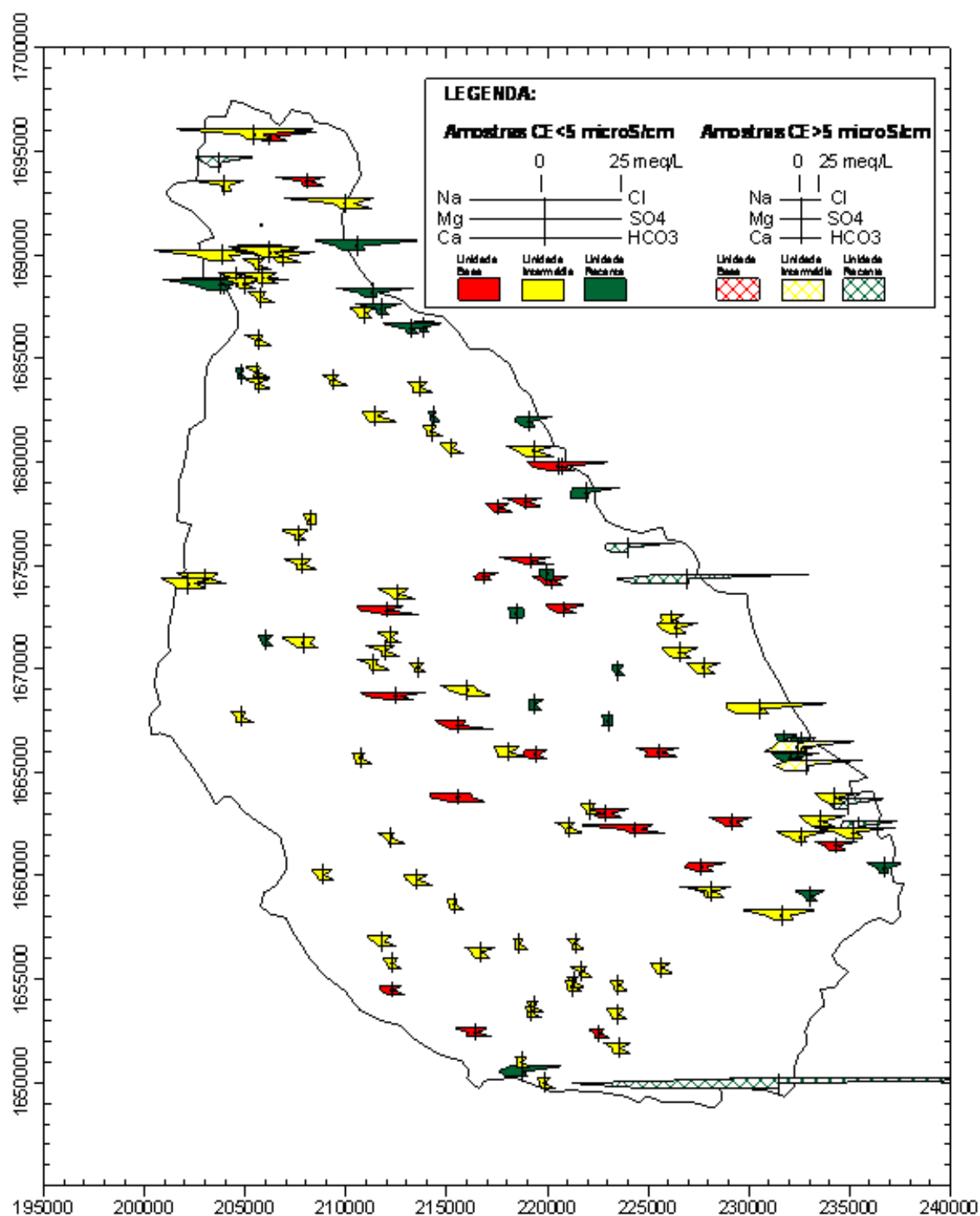


fig. 7.1. Distribuição das principais fácies hidrogeoquímicas por unidade hidrogeológica.

A Unidade de Base apresenta águas de composição predominantemente cloretada-bicarbonatada sódica (Cl-HCO<sub>3</sub>-Na), com condutividades eléctricas relativamente baixas, que variam entre os 440 e 2750  $\mu$ S/cm. São águas com pH, em geral, ligeiramente ácido devido ao tipo de litologias predominantes, essencialmente de natureza silicatada, com um baixo grau de permeabilidade e alteração. O sódio é o catião dominante o que está de acordo com a geoquímica predominantemente

alcalina das formações, com concentrações médias de 161 mg/l, mas que em algumas zonas podem ser superiores a 470 mg/l. Os aniões dominantes são o cloreto e o bicarbonato, apresentando esta formação hidrogeológica valores médios de cloreto de 188 mg/l e valores de alcalinidade relativamente elevados (291 mg/L  $\text{HCO}_3$ ). Os conteúdos médios de sílica são superiores a 35 mg/L  $\text{SiO}_2$ .

A Unidade Intermédia apresenta fácies hidroquímica semelhante à Unidade de Base, predominando as águas de composição bicarbonatada–cloretada sódica ( $\text{HCO}_3$ –Cl–Na) embora neste caso haja um predomínio do ião bicarbonato. Esta formação hidrogeológica apresenta condutividades eléctricas moderadas em grande parte da zona de estudo (valores médios de 695  $\mu\text{S/cm}$ ) mas que localmente podem atingir valores muito elevados (>8 000  $\mu\text{S/cm}$ ). Estes valores elevados estão associados às zonas onde é explorada a parte submarina desta unidade hidrogeológica, e que corresponde às pillow lavas. De um modo geral, a Unidade Intermédia tem águas com um pH mais elevado do que a Unidade de Base, sendo este em geral ligeiramente superior a 7.0. O sódio é ainda o catião dominante, com concentrações médias de 92 mg/l mas que em algumas zonas podem ser superiores a 600 mg/l. O anião dominante na parte mais alta da ilha é o bicarbonato, apresentando valores médios de cloreto de 183 mg/l, enquanto nas zonas mais costeiras é o ião cloreto, com valores superiores a 2 600 mg/l. Os conteúdos médios de sílica são da ordem dos 34 mg/L  $\text{SiO}_2$ .

A Unidade Recente apresenta fácies hidroquímica que pode variar de cloretada sódica (Cl–Na) a cloretada magnésiana (Cl–Mg) e, que por estarem associadas a condutividades eléctricas em geral bastante elevadas (valor médio 1809  $\mu\text{S/cm}$ ), se apresentam como o resultado da salinização desta unidade hidrogeológica junto à costa. Esta unidade apresenta permeabilidades significativas, principalmente quando associada ao leito das ribeiras, sendo explorada de forma intensiva quer para a agricultura quer para o abastecimento das populações sem um controlo rígido por parte do INGRH. Dada a escassa recarga natural destas formações, a elevada taxa de exploração tem contribuído para o rebaixamento significativo do nível freático e o avanço da interface de água doce – água salgada, conduzindo a um aumento significativo dos sais em solução, nomeadamente de sódio (valor médio de 214 mg/l, mas que nas zonas de intrusão salina atinge valores superiores a 1 300 mg/l). O mesmo se passa também com o ião cloreto: valor médio de 390 mg/l, que nas zonas de intrusão salina atinge valores superiores a 4 000 mg/l. A alcalinidade e o pH destas águas são também elevados, sendo o seu incremento resultante indirecto dos processos de intercâmbio associados à gradual salinização.

tab 7.3.1. Resumo das características químicas das principais unidades hidrogeológicas da zona de estudo

Unidade Base	pH	CE μS/cm	SiO <sub>2</sub> mg/l	Na mg/l	K mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	NO <sub>3</sub> mg/l	HCO <sub>3</sub> mg/l
Nº Pontos	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Máximo	7,6	2750	49,6	477,0	46,6	126,4	115,7	638,1	236,7	75,1	707,8
Percentil 90	7,4	2097	44,9	261,8	27,7	87,0	86,1	407,7	135,7	58,5	529,2
Mediana	7,1	1331	35,8	160,6	18,4	41,6	53,9	187,9	63,7	18,8	290,5
Percentil 10	6,8	992	27,1	85,3	9,9	22,6	22,3	106,4	14,1	5,4	165,2
Mínimo	6,0	440	24,3	58,4	6,9	8,0	14,6	49,6	4,6	<0,1	109,8

Unidade Intermédia	pH	CE μS/cm	SiO <sub>2</sub> mg/l	Na mg/l	K mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	NO <sub>3</sub> mg/l	HCO <sub>3</sub> mg/l
N.º Pontos	67	67	67	67	67	67	67	69	67	67	68
Máximo	8,2	8090	54,1	652,2	47,6	620,0	529,7	2609,1	191,2	101,9	705,4
Percentil 90	7,7	1887	42,4	266,7	30,8	62,4	62,2	377,2	76,5	59,0	306,3
Mediana	7,2	695	33,8	91,5	11,9	25,6	24,3	85,1	18,2	21,5	184,3
Percentil 10	7,0	391	26,1	44,4	6,9	17,6	12,6	49,6	<0,1	10,7	137,2
Mínimo	6,3	362	19,8	30,2	2,0	6,4	4,9	35,5	<0,1	<0,1	90,3

Unidade Recente	pH	CE μS/cm	SiO <sub>2</sub> mg/l	Na mg/l	K mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	NO <sub>3</sub> mg/l	HCO <sub>3</sub> mg/l
Nº Pontos	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Máximo	7,5	12680	49,6	1349,1	61,5	940,0	884,5	4225,6	546,3	295,0	349,0
Percentil 90	7,3	7144	42,7	646,3	53,2	342,7	302,5	2212,1	200,3	63,3	293,9
Mediana	7,0	1809	33,4	214,1	17,9	96,0	68,0	390,0	72,8	21,5	183,1
Percentil 10	6,7	1078	20,4	74,0	6,9	54,7	42,2	165,9	38,2	0,5	85,9
Mínimo	5,7	569	1,8	68,1	5,0	41,6	25,3	56,7	18,2	<0,1	78,1

#### 7.4. IMPACTO DA ACTIVIDADE AGRÍCOLA NO QUIMISMO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Da análise dos resultados verificou-se que existe um impacto importante das actividades agrícolas no quimismo das águas subterrâneas. Esse impacto pode ser directo através da lixiviação de fertilizantes para as águas subterrâneas; quer indirecto, através da exploração não sustentável da água subterrânea que tem levado a um gradual avanço da interface água doce – água salgada em direcção ao interior da Ilha de Santiago.

A totalidade dos furos analisados quer na campanha de Junho quer na de Dezembro de 2003, revelou concentrações positivas de nitratos. As concentrações médias de nitrato nas águas subterrâneas são de 18,8 mg/l na Unidade de Base, 21,5 mg/l na Unidade Intermédia, e de 21,5 mg/l na Unidade Recente. De referir que

esta última unidade hidrogeológica apresenta no entanto os picos de concentrações mais elevados (valores máximos de  $\text{NO}_3$  de 295 mg/l), uma vez que é sobre esta unidade que estão localizadas a maioria das explorações agrícolas. O valor de nitrato excedia em cerca de 20% dos furos analisados o valor máximo admissível para consumo humano.

Da análise da Figura 7.2 verifica-se que as áreas com maiores concentrações de nitratos nas águas subterrâneas se situam na parte Este da ilha de Santiago e correspondem à localização das principais explorações agrícolas.

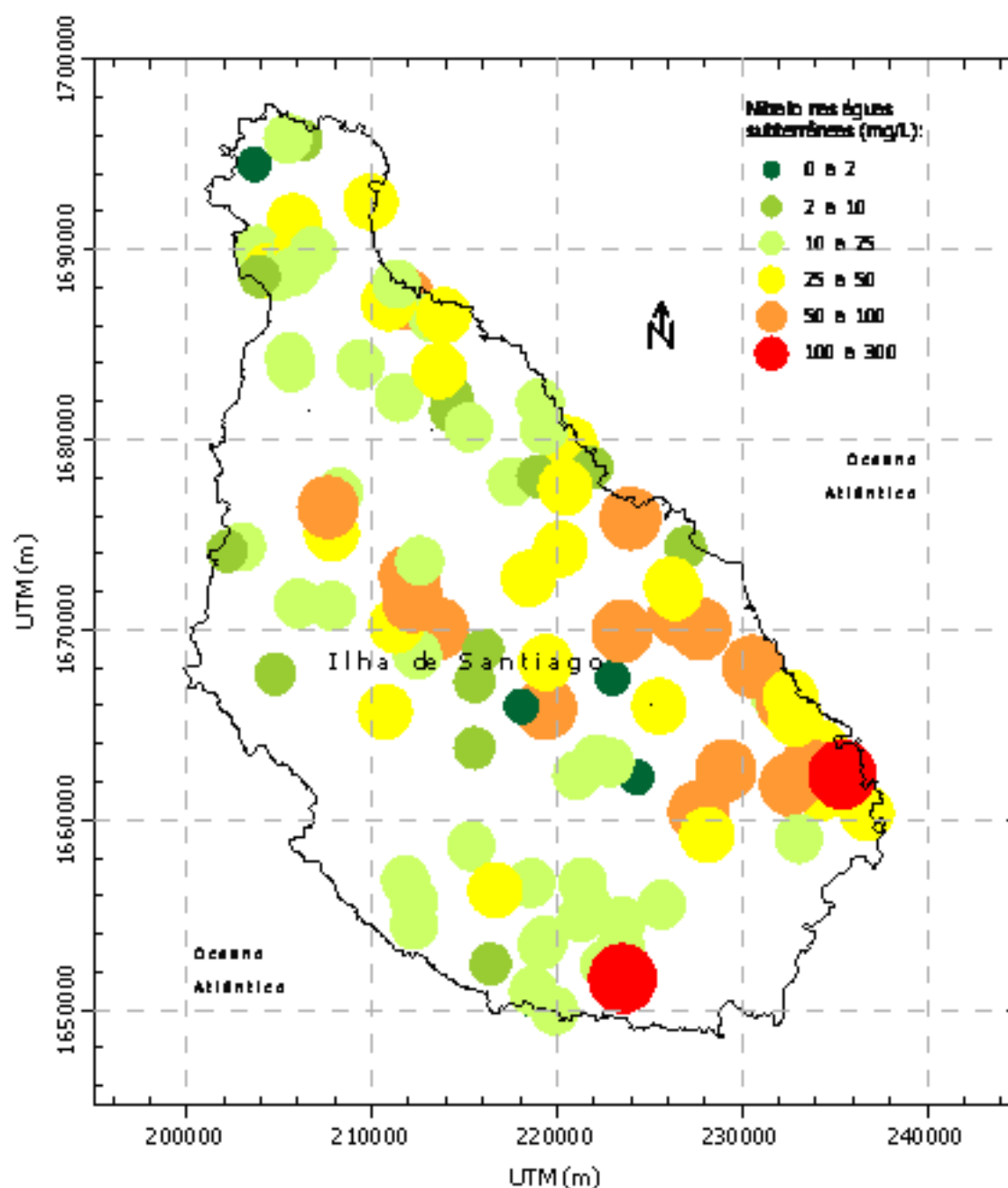


fig. 7.2. Distribuição dos teores de nitratos nas águas subterrâneas da Ilha de Santiago.

A correspondência entre a actividade agrícola e o avanço da intrusão salina pode verificar-se pela análise da Figura 7.3, onde se encontram representados os principais intervalos de concentração de cloretos observados nas águas subterrâneas. É nas zonas da Ribeira Seca, Ribeira dos Picos e Achada da Baleia, que se verificam os valores mais elevados de condutividade eléctrica, sendo que em algumas zonas a presença de água salgada já se faz sentir até 3 km para o interior da ilha.

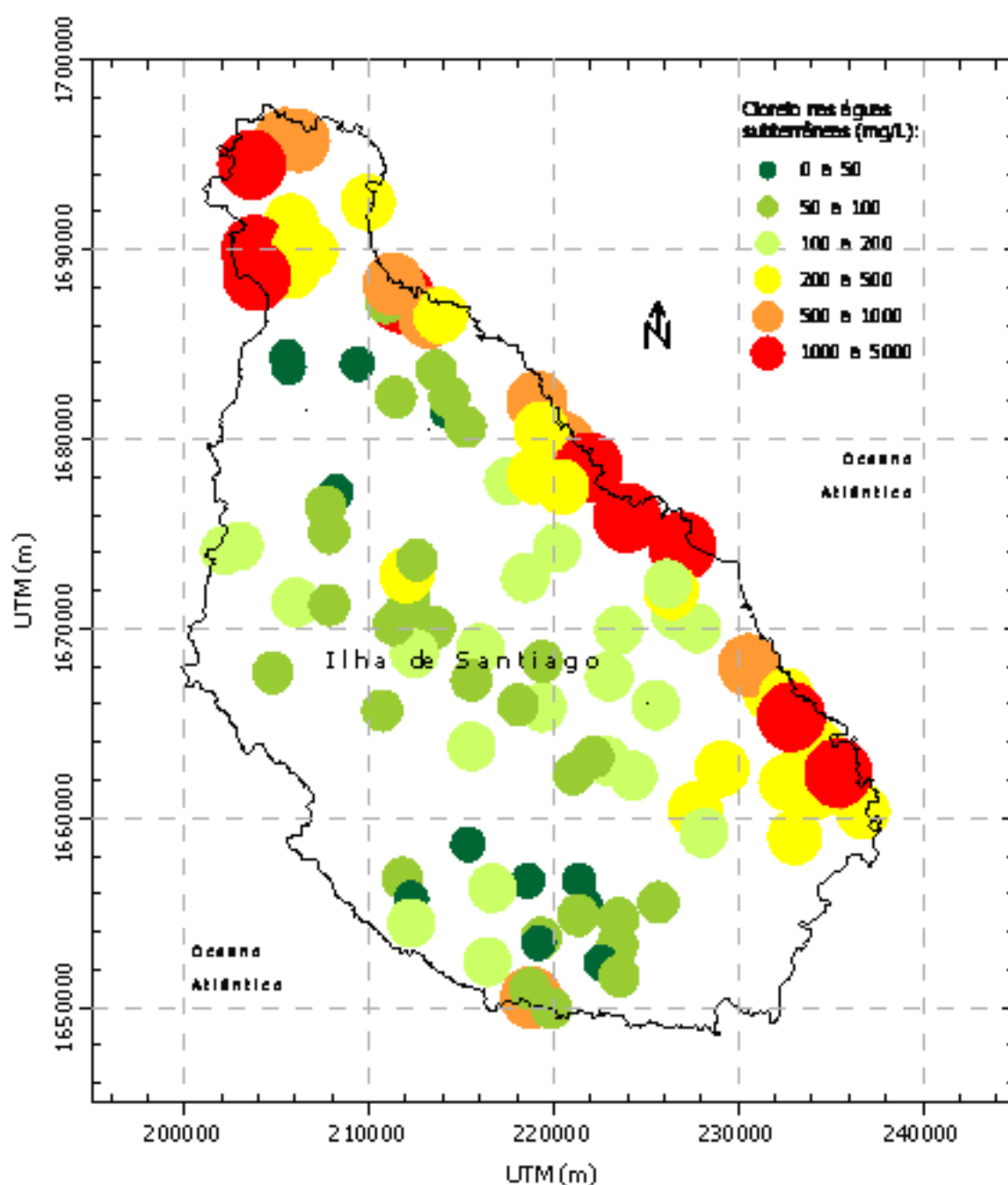


fig. 7.3. Distribuição dos teores de cloretos nas águas subterrâneas da Ilha de Santiago.

## 7.5. DADOS DA QUALIDADE DA ÁGUA

A experiência acumulada como resultado da exploração e gestão de água subterrânea na Ilha de Santiago desde meados de 1972 leva-nos a confirmar o princípio defendido por Emílio Custódio e Enrique Diaz (Calidad de água subterrânea, sección 18, pgs 1884/1958 – Hidrologia Subterrânea, Tomo II, 1975), de que a qualidade da água subterrânea das rochas vulcânicas costuma ser de excelente qualidade, do tipo “cálcio – magnésico – bicarbonatado”, nos basaltos ou nas rochas básicas.

Torna-se indispensável reafirmar que a qualidade de uma água subterrânea depende imenso das condições do aquífero, da sua litologia, da velocidade da circulação, da qualidade da água de infiltração, das relações com outras águas ou aquíferos e das leis do movimento de substâncias transportadas pela água. Os factores hidrodinâmicos também desempenham um papel importante (continuando a citar Emílio Custódio e Enrique Diaz).

Com base na experiência adquirida nas Ilhas Canárias e noutras ilhas vulcânicas chegou-se à conclusão de que as características químicas da água subterrânea em terrenos vulcânicos são função do clima, da altitude, da distância ao mar, dos ventos dominantes e do tipo de permeabilidade (Custodio, 1975; 2004; 2005 e J. Virgílio Cruz, 1992; 1994; 1996; 1999; 2000).

No que concerne à Ilha de Santiago, os resultados dos trabalhos hidrogeológicos realizados no âmbito da nossa Dissertação nos anos de 2002, 2003, 2004, 2005 e 2006 e com suporte básico nos dados arquivados no Instituto Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos levam-nos a admitir que as características químicas estão na dependência directa das acções que se acabam de referir, e que os dois principais aquíferos, o “basáltico” e o “aluvionar”, têm proporcionado perfurações de excelente produtividade e de boa qualidade da água (Fig.7.2.1 – Qualidade de água da Ilha de Santiago – Cabo Verde) (Anexo).

As rochas basálticas são as predominantes em Santiago, apresentando-se quer sob a fácies marinha quer sob a fácies terrestre, constituindo o aquífero principal, tendo proporcionado a obtenção de água potável para abastecimento às populações, assim como água destinada à agricultura, indústria e outras necessidades.

As águas dos mantos basálticos do Complexo Eruptivo Principal (PA) e da Formação da Assomada (A), que constituem o aquífero principal e que são consideradas a “Unidade Intermédia”, são de excelente qualidade, isto é, pouco mineralizadas, com a condutividade eléctrica, no início da exploração, da ordem dos 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , para aumentar com o acentuar da exploração, de forma particular, nos mantos basálticos submarinos inferiores do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia (LRi), podendo atingir pouco mais de 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , o que se poderá comprovar através

dos resultados obtidos com a realização dos trabalhos de campo, de laboratório e de gabinete efectuados nos meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2005, com o apoio do Laboratório da Qualidade de Água do Instituto Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos, assim como dos dados arquivados na referida Instituição.

Servem de exemplo, os furos:

- a. 17/08/2005 FT – 29 1012  $\mu\text{S/cm}$  PA (LRi)
- b. 17/08/2005 FT – 9 1135  $\mu\text{S/cm}$  PA (LRi)

Esses furos implantados nos mantos basálticos submarinos do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia (PA) localizam-se nas proximidades do mar, a menos de três quilómetros, possuem uma permeabilidade mais elevada que a das outras formações geológicas, com excepção feita às aluviões espessas da parte terminal das Ribeiras Seca e dos Picos do Concelho de Santa Cruz, têm aproximadamente trinta e cinco anos de exploração continuada, enquanto que nos mantos basálticos subaéreos do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia (PA) e da Formação da Assomada (A), a condutividade eléctrica muito pouco se tem alterado ao longo desses anos de exploração continuada, podendo servir de testemunho os furos e as nascentes:

- |    |            |                     |                      |           |
|----|------------|---------------------|----------------------|-----------|
| a. | 16/08/2005 | Furo FT 2002        | 402 $\mu\text{S/cm}$ | PA (Sub°) |
| b. | 16/08/2005 | Furo FBE 1          | 407 $\mu\text{S/cm}$ | PA (Sub°) |
| c. | 16/08/2005 | Nascente 58 1       | 439 $\mu\text{S/cm}$ | PA (Sub°) |
| d. | 16/08/2005 | Nascente 58 9       | 420 $\mu\text{S/cm}$ | PA(Sub°)  |
| e. | 16/08/2005 | Nascente 58 10/11   | 413 $\mu\text{S/cm}$ | PA(Sub°)  |
| f. | 17/08/2005 | Nascente 51 – 201   | 526 $\mu\text{S/cm}$ | PA(Sub°)  |
| g. | 18/08/2005 | Furo FBE – 116      | 524 $\mu\text{S/cm}$ | A         |
| h. | 18/08/2005 | Furo FBE – 161      | 581 $\mu\text{S/cm}$ | A         |
| i. | 18/08/2005 | Nascente 51 – 6/7/8 | 706 $\mu\text{S/cm}$ | A         |

Deve-se salientar que as aluviões das Ribeira Seca e dos Picos, ambas situadas no Concelho de Santa Cruz, apresentam uma espessura variando entre cinco a vinte cinco metros na parte terminal, de boa permeabilidade, têm proporcionado perfurações de caudais horário e diário bastante similar ao caudal de exploração apresentado pelas perfurações que exploram os mantos basálticos submarinos inferiores do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia (PA –LRi). Como exemplo, apresentamos o que nos foi dado observar nos meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2005, com a informação de que esses furos se localizam a cerca de três quilómetros do mar.

- a. 17/07/2005 Furo SP – 34 1179  $\mu\text{S/cm}$  AI/LRi
- b. 17/08/2005 Furo SP – 39 775  $\mu\text{S/cm}$  AI/LRi

As formações geológicas que constituem a Unidade Hidrogeológica designada Unidade de Base, isto é, a Formação Conglomerático – Brechóide (CB) ou dos Órgãos, a Formação dos Flamengos ( $\lambda\rho$ ) e o Complexo Eruptivo Interno Antigo (CA) apresentam características, condutividade essencialmente, que as distinguem das formações que constituem a Unidade Intermédia, uma vez que desde o início da exploração as formações que constituem a Unidade de Base apresentam uma mineralização bastante acentuada e muito superior à que, normalmente, apresentam as formações que constituem a Unidade Intermédia e, naturalmente, aumentarem ainda com a exploração continuada que se tem verificado.

No Complexo Eruptivo Interno Antigo (CA), as águas podem tornar-se muito carregadas e, de forma especial, nas rochas fonolíticas.

Como testemunho, apresentamos os resultados dos trabalhos realizados nos meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2005.

a.	16/08/2005	Furo FT – 23	1175 $\mu\text{S/cm}$	CB
b.	18/08/2005	Furo FBE – 56	1492 $\mu\text{S/cm}$	CB
c.	17/08/2005	Furo FT – 5	1300 $\mu\text{S/cm}$	$\lambda\rho$
d.	17/08/2005	Furo FT – 67	1219 $\mu\text{S/cm}$	$\lambda\rho$
e.	18/08/2005	Furo FT – 81	1400 $\mu\text{S/cm}$	$\lambda\rho$
f.	18/08/2005	Furo FT – 13	1815 $\mu\text{S/cm}$	CA
g.	18/08/2005	Furo FBE – 74	1962 S/cm	CA

Chega-se à conclusão de que as águas das diferentes Unidades Hidrogeológicas caracterizam-se por possuir, essencialmente, uma concentração tanto mais elevada quando as formações geológicas são mais antigas. Por conseguinte, as suas identificações podem-se fazer de uma forma expedita mediante uma simples medida de condutividade eléctrica (Fig. 7.2.1. – Qualidade de água da Ilha de Santiago – Cabo Verde, na escala 1/100.000, (em Anexo) Fig. 7.2.2 – Rede de Controle Hidrogeológico – Ilha de Santiago, 12 folhas na escala 1/25.000 (em Anexo) e Fig. 7.2.3 – Carta Hidrogeológica e de Recursos da Ilha de Santiago, na escala 1/100.000, (em Anexo).

## 7.6. POLÍTICA DA ÁGUA

O Instituto Nacional de Gestão de Recursos Hídricos (INGRH) é um Instituto Público na forma de serviço personalizado do Estado, dotado de personalidade jurídica, autonomia administrativa e financeira e património próprio.

As suas competências no domínio dos recursos hídricos são as seguintes:

- a. Preparar e executar as deliberações do Conselho Nacional de Águas



- b. Supervisionar e coordenar todas as actividades relacionadas com o planeamento e gestão dos recursos hídricos
- c. Proceder a estudos hidrológicos e hidrogeológicos em ordem à modernização das ocorrências e comportamentos dos recursos hídricos, determinação da explorabilidade dos mesmos recursos e à definição das formas de aproveitamento utilizáveis.
- d. Realizar os estudos hidrométricos necessários às actividades de planeamento e de gestão integrada dos recursos hídricos.
- e. Implantar, fiscalizar e proceder a acções de conservação da rede hidrológica, promovendo a sua inserção no ordenamento do território, em concertação com os municípios.
- f. Promover, coordenar e decidir sobre os estudos de viabilidade e projectos de execução das obras hidráulicas de interesse público.
- g. Pronunciar-se sobre a afectação das obras hidráulicas propriedades do Estado ao uso ou administração de entidades públicas ou privadas.
- h. Gerir, de forma integrada, os recursos hídricos do País.

Dispõe de um Laboratório Nacional, onde são realizados todos os parâmetros organolépticos, físicos, químicos e bacteriológicos para o controle da qualidade de água, seguindo rigorosamente os procedimentos de métodos analíticos standardizados.

## **7.7. CONCEITO DA POTABILIDADE**

A água é o produto natural mais importante para a sobrevivência dos seres vivos. As reservas subterrâneas constituem uma das fontes mais importantes dos recursos hídricos disponíveis em Cabo Verde. Neste sentido, o Instituto Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos (INGRH), entidade nacional responsável pela exploração e gestão de águas subterrâneas, instalou no seu seio um laboratório de qualidade de água para poder cumprir as suas obrigações.

Esse laboratório tem seguido regular e periodicamente o controlo da qualidade da água, a nível geral da ilha de Santiago, o que lhe tem permitido estar a par da evolução das águas subterrâneas quanto aos aspectos físico, químico e bacteriológico.

A qualidade da água pode ser definida por um conjunto de características físico – químicas, microbiológicas, biológicas, etc., que lhe são próprias. A qualidade será BOA ou MÁ para um determinado uso, consoante as características se enquadram ou não nas normas exigidas para os fins em vista.

Hipócrates indicava como própria para beber as águas leves, transparentes sem cheiro e de sabor agradável. Celso supunha que as melhores águas eram as da

chuva. Viturbio aconselhava o exame das populações como forma de conhecer a qualidade das águas consumidas no País.

Até meados do Século passado não existiam grandes diferenças entre o que ensinava Hipócrates e a definição de água potável. De acordo com o anuário das águas de França (1851) considerava-se potável toda a água límpida, sem cheiro, fresca, que cozesse bem os legumes, dissolvesse o sabão sem formar grumos, com sabor agradável e se contivesse suficiente ar em dissolução.

Actualmente, a água que se destina à satisfação das necessidades alimentares, tem que ter características que não afectem negativamente a saúde dos consumidores, ser agradável à vista, olfacto e sabor.

Uma água de boa qualidade contém na sua composição sais minerais necessários a uma alimentação correcta. Existe, no entanto, uma relação entre alguns parâmetros e o aparecimento de doenças de origem hídrica.

As substâncias químicas, físicas ou microbiológicas cuja presença na água é reveladora de risco potencial de doenças designam-se por Indicadores ou Parâmetros de Qualidade da água.

A Água destinada ao consumo humano não deve conter nenhum agente patogénico para o Homem! A ausência de microrganismos, indicadores de contaminação fecal, permite considerar a água como bacteriologicamente potável. Todos os parâmetros físico – químicos devem respeitar as normas de qualidade da água em vigor!

Convém realçar que apenas a realização de análises só por si não garante o controle da qualidade da água. A garantia de qualidade é possível com adopção de medidas, como:

- > Protecção na Origem (respeitar os perímetros de protecção legalmente definidos para captação subterrânea)
- > Desinfecção eficaz e permanente da água
- > Analise regularmente da água distribuída

## **7.8. CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

Entre as várias origens da contaminação das águas subterrâneas na ilha de Santiago, podem-se destacar:

- i. Irregularidade marcante das precipitações há várias dezenas de anos, a nível geral, com manifesta deficiência na recarga dos aquíferos.
- ii. Utilização de fertilizantes (adubos) na actividade agrícola com resultados inquietantes devido à pouca cautela na sua utilização, com particular incidência no Concelho de Santa Cruz.

Como testemunho, utilizamos os dados extraídos da publicação “EVOLUÇÃO DOS COMPOSTOS AZOTADOS NA QUALIDADE DA ÁGUA NA ILHA DE SANTIAGO – CABO VERDE”, da autoria do responsável do Laboratório da Qualidade da Água do Instituto Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos Eng<sup>o</sup> Químico António Pedro Said Aly de Pina, apresentada no 7<sup>o</sup> Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, em 2005. Na sequência de estudos realizados em todos os concelhos de Santiago pelo Laboratório da Qualidade de Água do Instituto Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos, com a finalidade de caracterizar a evolução do parâmetro Azoto, N, e dos seus derivados, Nitratos, (NO<sub>3</sub>), e Nitritos, (NO<sub>2</sub>), com a observância de como se reflectem as práticas agrícolas na qualidade das águas subterrâneas, a sua interacção com as águas superficiais e as consequências resultantes para a Saúde Pública e para o Ambiente, concluiu-se que agricultura é geralmente considerada como a principal responsável pelo aumento de nitratos nas águas subterrâneas (OCDE, 1989) e que a qualidade da água se torna tanto pior quanto maior for o caudal de extracção, deteriorando-se com a continuidade da exploração da captação, como se pode comprovar pelo abandono dos furos FT-38, localizado na Achada Baleia do Concelho de S. Domingos, e o furo SP-23, localizado na Ribeira Seca do Concelho de Santa Cruz, que tiveram de ser desequipados devido a grave aumento da salinidade das suas águas.

As águas têm, originariamente, teores pouco significativos de nitratos mas, devido à agricultura intensiva, como o que se verifica no Concelho de Santa Cruz, com particular incidência na Ribeira Seca, tem-se aumentado a percentagem desse parâmetro na água.

Com o aumento de fertilizantes utilizados na agricultura e a má protecção das origens a tendência é para um acréscimo do teor dos nitratos nas águas subterrâneas. Os nitratos migram lentamente no solo até aos lençóis freáticos.

Como conclusão desse estudo dos nitratos nos concelhos de Santiago constatou-se que se deve pensar seriamente nas alternativas de correcção que, de imediato, leva à redução dos teores de nitratos em toda a água para o consumo humano do sistema público de abastecimento, sendo no Concelho de Santa Cruz aonde foram registados os teores mais elevados.

- iii. Exploração com bombagem excessiva, quer no que concerne ao caudal da bomba quer no que se refere às horas de bombagem por dia, com particular incidência na parte terminal de algumas ribeiras, com sinais evidentes de intrusão salina, casos concretos da Ribeira Seca e da Ribeira dos Picos, ambas no Concelho de Santa Cruz, da Ribeira da Achada Baleia, no Concelho de S. Domingos e em Chão Bom, do Concelho do Tarrafal
- iv. Resultado das actividades relacionadas com a pecuária, a nível da ilha.
- v. Resultado das actividades domésticas, a nível da ilha.

- vi. Perfurações abandonadas e/ou mal concebidas, a nível dos concelhos.
- vii. Resultado da ocorrência de enxurradas.

## 7.9 DESINFECÇÃO DA ÁGUA EM CABO VERDE

A desinfecção tem por finalidade a destruição de microrganismos patogénicos (bactérias, protozoários e vermes) presentes na água. Deve-se, no entanto, notar a diferença entre desinfecção e esterilização. Esterilizar significa a destruição de todos os organismos, patogénicos ou não, enquanto que a desinfecção é a destruição de parte ou todo um grupo de organismos patogénicos. Os vírus de hepatite e da poliomielite, por exemplo, não são completamente destruídos ou inactivos pelas técnicas de desinfecção. A desinfecção é necessária, porque não é possível assegurar a remoção total dos microrganismos pelos processos físico – químicos, usualmente utilizados no tratamento da água.

Entre os agentes da desinfecção o mais largamente utilizado na purificação da água é o cloro, porque:

- > É facilmente disponível como gás, líquido ou sólido (hipoclorito).
- > É barato.
- > É fácil de aplicar devido à sua alta solubilidade (7,0 g/l a aproximadamente a 20°C)
- > Deixa um residual em solução, de concentração facilmente determinável e protege o sistema de distribuição.
- > É capaz de destruir a maioria dos microrganismos patogénicos.

Os compostos de cloro, o iodo e o permanganato de potássio ( $\text{KMnO}_4$ ) são exemplos de oxidantes capazes de desinfectar a água à escala doméstica. Os compostos de cloro são preferíveis por não conferirem à água um sabor tão medicinal e por serem mais acessíveis no mercado.

Como desvantagem, é um gás venenoso e corrosivo, requerendo cuidados no seu manuseamento e pode causar problemas de gosto e odor.

O hipoclorito de cálcio (70%) e o de sódio (35%) são usados com frequência nos Serviços Autónomos de Água e de Saneamento, SAAS, dos municípios em todo o País, como também, nas pequenas instalações. Em alguns casos, a fervura constitui uma das maneiras de destruir os organismos imediata ou potencialmente patogénicos para o homem, sejam bactérias, sob forma vegetativas e /ou parasitas.

Para que a água se possa considerar desinfectada, deve manter-se a ferver, durante cinco minutos, contados a partir do momento em que se atinge o ponto de ebulição (água em agitação perfeita, ou  $T^\circ=100^\circ\text{C}$ ).

O trabalho e o custo da fervura tornam-se difícil mantê-los, sistematicamente, por longos períodos, como também o gosto insípido que a água oferece depois de ser fervida, resultantes da expulsão dos gases que estavam dissolvidos na água antes da sua fervura.

#### **7.10. CAMPANHA DE 2005**

A caracterização hidroquímica global de toda a ilha foi complementada, em 2005, com a amostragem de 15 furos e 5 nascentes, cujos resultados analíticos se apresentam seguidamente.

A qualidade da água era tanto pior quanto maior era o caudal de extracção e deteriorava-se com a continuidade de exploração de cada captação levando até certos casos ao seu abandono.

Fez-se o inventário de todas as origens e foram recolhidas amostras de água em 20 (vinte) locais bem identificados, no ano de 2005 (tabelas 7.7.1 a 7.7.22). Os resultados obtidos nos mesmos pontos de água foram comparados com os dos anos 2001, 2002, 2003, 2004 e 2005.

No Laboratório de Qualidade da Água, foram determinados os seguintes parâmetros: Condutividade, Cloretos, Sulfatos, Nitratos, Nitritos, Amónio, Cálcio, Sílica, Magnésio, Potássio, Sódio, Bicarbonatos, Dureza Total, Alcalinidade, pH, e Oxidabilidade.

tab. 7.7.1. Parâmetros e Métodos analíticos seguidos

Parâmetros	Mét. Analítico
Turvação (UNT)	Formazina
pH (escala Sorensen à 25°C)	Electrometria
Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20°C)	Electrometria
Cloretos (mg/L Cl)	Volumetria
Sulfatos (mg/L $\text{SO}_4$ )	E.A.Molecular
Dureza Total (mg/L $\text{CaCO}_3$ )	Volumetria
Alcalinidade Total (mg/L $\text{CaCO}_3$ )	Volumetria
Bicarbonatos (mg/L $\text{HCO}_3$ )	Cálculo
Nitratos (mg/L $\text{NO}_3$ )	E.A.Molecular
Nitritos (mg/L $\text{NO}_2$ )	E.A.Molecular
Azoto amoniacal (mg/L $\text{NH}_4$ )	E.A.Molecular
Oxidabilidade (mg/L $\text{O}_2$ )	Ebulição meio ácido
Sódio (mg/L $\text{Na}^+$ )	E.A.Molecular
Potasio (mg/L Cl)	E.A.Molecular
Calcio (mg/L $\text{Ca}^{2+}$ )	Volumetria
Magnésio (mg/L $\text{Mg}^{2+}$ )	Cálculo
Fósforo (mg/L $\text{P}_2\text{O}_5$ )	E.A.Molecular
Sílica (mg/L $\text{SiO}_2$ )	E.A.Molecular

## 7.11. RESULTADOS DOS TRABALHOS REALIZADOS EM 20 (VINTE) PONTOS DE ÁGUA EM 2005, NOS MESES DE AGOSTO SETEMBRO E OUTUBRO

As recolhas de amostragem de água tiveram sempre a colaboração presencial do Engenheiro Químico António Pedro Said Aly de Pina, responsável do Laboratório da Qualidade de Água do Instituto Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos e que coordenou os trabalhos laboratoriais.

Esses trabalhos forneceram a obtenção de dados que permitiram a elaboração e publicação de uma Carta de Qualidade da Água da Ilha de Santiago.

tab.7.7.2. Qualidade da água subterrânea da Ilha de Santiago (pontos de água analisados no ano 2005)

N.º Ref	Ponto de Água	Localização	Geologia	Caudal m3/dia	Condutividade (µS/cm)
1	Furo SP-34	Ribeira dos Picos	PA(LRi)	576	1179
2	Furo SP-39	Ribeira dos Picos	PA(LRi)	576	775
3	Furo FBE-116	Assomada	A	320	524
4	Furo FBE-161	Assomada	A	320	581
5	Nascente 51-6/7/8	Assomada	A	720	691
6	Furo FT-29	Tarrafal	PA(LRi)	576	920
7	Furo FT-9	Rib <sup>a</sup> Seca	PA(LRi)	576	1081
8	Furo FBE-1	Lapa Cachorro	PA(Sub <sup>o</sup> )	320	375
9	Furo FT-202	João Varela	PA(Sub <sup>o</sup> )	320	384
10	Nascente 58-1	Convento	PA(Sub <sup>o</sup> )	792	408
11	Nascente 58-9	Águas Verde	PA(Sub <sup>o</sup> )	123	377
12	Nascente 58-10/11	Águas Verde	PA(Sub <sup>o</sup> )	864	380
13	Furo FBE-56	Caiumbra	CB	40	1492
14	Furo FT-23	São Jorge	CB	70	1180
15	Furo FT-81	Telha	λρ	70	1270
16	Furo FT-5	Flamengos	λρ	40	1220
17	Furo FT.67	Ribeirão Boi	λρ	70	981
18	Furo FT-13	S. Domingos	CA	48	1815
19	FBE-74	St <sup>a</sup> Catarina	CA	40	1962
20	Nascente 51-201	Machado	PA(Sub <sup>o</sup> )	51	529

Laboratório de Controlo da Qualidade da H<sub>2</sub>O

Relatório de Análise da Água.

Requisitante: Dr. Mota Gomes

Proveniência: Furo. Local: Macati – FT 9 – Concelho de Santa Cruz

Data da Colheita: 17 de Agosto de 2005 – 14:20 horas.

Data de entrada no Laboratório: 17 de Agosto de 2005

Responsável pela Colheita: INGRH e Requisitante.

## Laboratório de Controlo da Qualidade da H<sub>2</sub>O

### Relatório de Análise da Água

Requisitante: Dr. Mota Gomes

tabela 7.7.3.

Proveniência: Furo; Local: Chão Bom – Lém Mendes – FT 9 – Concelho de Santa Cruz

Data da Colheita: 17 de Agosto de 2005 11:20horas

Data de entrada no Laboratório: 17 de Agosto de 2005

Responsável pela Colheita: INGRH e Requisitante.

Determinações	Unidade de Medida	Resultados	Valores Recomendados (VMR) (VMA)
<b>1. Físico e Organolépticos</b>			
Aspecto	–	Limpido	–
Cor aparente	PtCO APH	Incolor	1–20
Cheiro	Taxa de diluição (q) (f)	Inodoro	–
Temperatura	°C	26	–
pH: (25°C)	Esc. Sorensen	7,9	6,5–8,5–9,5
Condutividade (Electrometria à 20°C)	µS/cm	981	400–2000
Mineralização Total (Cálculo)	mg/L	714	– 1000
TDS (Electrometria)	mg/L	519	–1000
Salinidade (Electrometria)		0,5	–
Turbidez (turbidimetria)	NTU	1,8	0,4–5
<b>2. Químicos</b>			
Cálcio (Tit. EDTA; Murexida = indicador)	mg/L Ca <sub>2</sub> <sup>+</sup>	32	100–
Magnésio (Cálculo)	mg/L Mg <sub>2</sub> <sup>+</sup>	38	30–50
Dureza (Tit EDTA; N.Eriocromo T= indica)	mg/L CaCO <sub>3</sub>	236	–500
Bário (Esp. Abs. Molec)	mg/L Ba <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,3	0,1–0,7
Cloretos (Método de Mohr)	mg/L Cl <sup>–</sup>	78	–250
Bicarbonatos (Tit. HCL; M.Orange=ind)	mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	287	–
Alcalinidade Total (cálculo)	mg/L CaCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	235	–
Potássio (Esp. Abs. Molec)	mg/L K <sup>+</sup>	7	10–12
Sulfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L SO <sub>2</sub> <sup>–4</sup>	65	25–250
Nitratos (Esp. Abs. Molec)	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	43	25–50
Nitritos (Esp. Abs. Molec)	mg/L No <sub>2</sub> <sup>–</sup>	0,015	0–0,01
Nitritos Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L NaNO <sub>2</sub>	0,23	–0,50
Fosfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3–</sup>	0,07	–
Ferro Total (Esp. Abs. Molec)	mg/L Fe	<0,05	0,05–0,3
Hidróxidos (pH < 8,3)	mg/L OH <sup>–</sup>	0	–
Carbonatos (Cálculo) pH < 8,3	mg/L CO <sub>3</sub> <sup>2–</sup>	0	25–250
Cobre (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,02	0,5–1,0
Silica (Esp. Abs. Molec)	mg/L SiO <sub>2</sub>	48	



## Laboratório de Controlo da Qualidade da H<sub>2</sub>O

### Relatório de Análise da Água

Requisitante: Dr. Mota Gomes

tabela 7.7.4.

Proveniência: Furo. Local: João Varela – FT-29 – Concelho de Tarrafal

Data da Colheita: 16 de Agosto de 2005 09:45horas

Data de entrada no Laboratório: 16 de Agosto de 2005

Responsável pela Colheita: INGRH e Requisitante.

Determinações	Unidade de Medida	Resultados	Valores Recomendados (VMR) (VMA)
<b>1. Físico e Organolépticos</b>			
Aspecto	–	Limpido	–
Cor aparente	PtCO APH	Incolor	1–20
Cheiro	Taxa de diluição	Inodoro	–
		(q) (f)	
Temperatura	°C	28	–
pH (25°C)	Esc. Sorensen	7,7	6,5–8,5–9,5
Condutividade (Electrometria à 20°C)	µS/cm	538	–400–2000
Mineralização Total (Cálculo)	mg/L	385	–1000
TDS (Electrometria )	mg/L	293	–1000
Salinidade (Electrometria )		0,3	–
Turbidez (turbidimetria)	NTU	1,0	0,4–5
<b>2. Químicos</b>			
Cálcio (Tit. EDTA; Murexida = indicador)	mg/L Ca <sub>2</sub> <sup>+</sup>	28	100–
Magnésio (Cálculo)	mg/L Mg <sub>2</sub> <sup>+</sup>	31	30–50
Dureza (Tit EDTA; N.Eriocromo T= indica)	mg/L CaCO <sub>3</sub>	198	–500
Bário (Esp. Abs. Molec)	mg/L Ba <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,1	0,1–0,7
Cloretos (Método de Mohr)	mg/L Cl <sup>–</sup>	67	–250
Bicarbonatos (Tit. HCL; M.Orange=ind)	mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	135	–
Alcalinidade Total (cálculo)	mg/L CaCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	111	–
Potássio (Esp. Abs. Molec)	mg/L K <sup>+</sup>	8,4	10–12
Sulfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L SO <sub>4</sub> <sup>–4</sup>	17	25–250
Nitratos (Esp. Abs. Molec)	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	8,6	25–50
Nitritos (Esp. Abs. Molec)	mg/L No <sub>2</sub> <sup>–</sup>	0,02	0–0,01
Nitritos Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L NaNO <sub>2</sub>	0,03	–0,50
Fosfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3–</sup>	0,97	–
Ferro Total (Esp. Abs. Molec)	mg/L Fe	0,01	0,05–0,3
Hidróxidos: (pH < 8,3)	mg/L OH <sup>–</sup>	0	–
Carbonatos: (Cálculo) pH < 8,3	mg/L CO <sub>3</sub> <sup>2–</sup>	0	25–250
Cobre: (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,01	0,5 –1,0
Silica: (Esp. Abs. Molec)	mg/L SiO <sub>2</sub>	38	

## Laboratório de Controlo da Qualidade da H<sub>2</sub>O

### Relatório de Análise da Água

Requisitante: Dr. Mota Gomes

tabela 7.7.5.

Proveniência: Furo. Local: Lapa Cachorro – FT-202 – Concelho de Praia

Data da Colheita: 16 de Agosto de 2005, 09:15horas

Data de entrada no Laboratório: 16 de Agosto de 2005

Responsável pela Colheita: INGRH e Requisitante.

Determinações	Unidade de Medida	Resultados	Valores Recomendados (VMR) (VMA)
<b>1. Físico e Organolépticos</b>			
Aspecto	–	Limpido	–
Cor aparente	PtCO APH	Incolor	1–20
Cheiro	Taxa de diluição	Inodoro	–
		(q) (f)	
Temperatura	°C	26	–
pH (25°C)	Esc. Sorensen	7,5	6,5–8,5–9,5
Condutividade (Electrometria à 20°C)	µS/cm	327	400–2000
Mineralização Total (Cálculo)	mg/L	252	–1000
TDS (Electrometria )	mg/L	176	–1000
Salinidade (Electrometria )		0,2	–
Turbidez (turbidimetria)	NTU	1,0	0,4–5
<b>2. Químicos</b>			
Cálcio (Tit. EDTA; Murexida = indicador)	mg/L Ca <sub>2</sub> <sup>+</sup>	18	100–
Magnésio (Cálculo)	mg/L Mg <sub>2</sub> <sup>+</sup>	29	30–50
Dureza (Tit EDTA; N.Eriocromo T= indica)	mg/L CaCO <sub>3</sub>	165	–500
Bário (Esp. Abs. Molec)	mg/L Ba <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,4	0,1–0,7
Cloretos (Método de Mohr)	mg/L Cl <sup>–</sup>	71	–250
Bicarbonatos (Tit. HCL; M.Orange=ind)	mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	67	–
Alcalinidade Total (cálculo)	mg/L CaCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	55	–
Potássio:(Esp. Abs. Molec)	mg/L K <sup>+</sup>	5	10–12
Sulfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L SO <sub>2</sub> <sup>–4</sup>	11	25–250
Nitratos (Esp. Abs. Molec)	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	21	25–50
Nitritos (Esp. Abs. Molec)	mg/L No <sub>2</sub> <sup>–</sup>	0,014	0–0,01
Nitritos Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L NaNO <sub>2</sub>	0,21	–0,50
Fosfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3–</sup>	1,3	–
Ferro Total (Esp. Abs. Molec)	mg/L Fe	<0,05	0,05–0,3
Hidróxidos (pH < 8,3)	mg/L OH <sup>–</sup>	0	–
Carbonatos (Cálculo) pH 8,3	mg/L CO <sub>3</sub> <sup>2–</sup>	0	25–250
Cobre (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,02	0,5–1,0
Silica (Esp. Abs. Molec)	mg/L SiO <sub>2</sub>	52	

## Laboratório de Controlo da Qualidade da H<sub>2</sub>O

### Relatório de Análise da Água

Requisitante: Dr. Mota Gomes

tabela 7.7.6.

Proveniência: Furo. Local: Lapa Cachorro – FBE-1 – Concelho de Praia

Data da Colheita: 16 de Agosto de 2005 09:15horas

Data de entrada no Laboratório: 16 de Agosto de 2005

Responsável pela Colheita: INGRH e Requisitante.

Determinações	Unidade de Medida	Resultados	Valores Recomendados (VMR) (VMA)
<b>1. Físico e Organolépticos</b>			
Aspecto	–	Limpido	–
Cor aparente	PtCO APH	Incolor	1–20
Cheiro	Taxa de diluição (q) (f)	Inodoro	–
Temperatura	°C	27	–
pH (25°C)	Esc. Sorensen	7,2	6,5–8,5–9,5
Condutividade (Electrometria à 20°C)	µS/cm	675	400–2000
Mineralização Total (Cálculo)	mg/L	483	–1000
TDS (Electrometria )	mg/L	369	–1000
Salinidade (Electrometria )		0,4	–
Turbidez (turbidimetria)	NTU	0,8	0,4–5
<b>2. Químicos</b>			
Cálcio (Tit. EDTA; Murexida = indicador)	mg/L Ca <sub>2</sub> <sup>+</sup>	32	–100–
Magnésio (Cálculo)	mg/L Mg <sub>2</sub> <sup>+</sup>	44	30–50
Dureza (Tit EDTA; N.Eriocromo T= indica)	mg/L CaCO <sub>3</sub>	261	–500
Bário (Esp. Abs. Molec)	mg/L Ba <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,3	0,1–0,7
Cloretos (Método de Mohr)	mg/L Cl <sup>–</sup>	123	–250
Bicarbonatos (Tit. HCL; M.Orange=ind)	mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	145	–
Alcalinidade Total (cálculo)	mg/L CaCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	119	–
Potássio (Esp. Abs. Molec)	mg/L K <sup>+</sup>	9	10–12
Sulfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L SO <sub>4</sub> <sup>–2</sup>	38	25–250
Nitratos (Esp. Abs. Molec)	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	29	25–50
Nitritos (Esp. Abs. Molec)	mg/L No <sub>2</sub> <sup>–</sup>	0,01	0–0,01
Nitritos Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L NaNO <sub>2</sub>	0,13	–0,50
Fosfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3–</sup>	2,4	–
Ferro Total (Esp. Abs. Molec)	mg/L Fe	<0,05	0,05–0,3
Hidróxidos (pH < 8,3)	mg/L OH <sup>–</sup>	0	–
Carbonatos (Cálculo) pH < 8,3	mg/L CO <sub>3</sub> <sup>2–</sup>	0	25–250
Cobre (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,18	0,5–1,0
Silica (Esp. Abs. Molec)	mg/L SiO <sub>2</sub>	66	

## Laboratório de Controlo da Qualidade da H<sub>2</sub>O

### Relatório de Análise da Água

Requisitante: Dr. Mota Gomes

tabela 7.7.7.

Proveniência: Nascente. Local: Convento – Cidade Velha 58 – 1 – Concelho de Praia

Data da Colheita: 16 de Agosto de 2005 10:10horas

Data de entrada no Laboratório: 16 de Agosto de 2005

Responsável pela Colheita: INGRH e Requisitante.

Determinações	Unidade de Medida	Resultados	Valores Recomendados (VMR) (VMA)
<b>1. Físico e Organolépticos</b>			
Aspecto	–	Limpido	–
Cor aparente	PtCO APH	Incolor	1–20
Cheiro	Taxa de diluição (q) (f)	Inodoro	–
Temperatura	°C	26	–
pH (25°C)	Esc. Sorensen	7,4	6,5–8,5–9,5
Condutividade (Electrometria à 20°C)	µS/cm	369	400–2000
Mineralização Total (Cálculo)	mg/L	263	–1000
TDS (Electrometria )	mg/L	198	–1000
Salinidade (Electrometria )		0,2	–
Turbidez (turbidimetria)	NTU	1,7	0,4–5
<b>2. Químicos</b>			
Cálcio (Tit. EDTA; Murexida = indicador)	mg/L Ca <sub>2</sub> <sup>+</sup>	28	–100–
Magnésio (Cálculo)	mg/L Mg <sub>2</sub> <sup>+</sup>	32	30–50
Dureza (Tit EDTA; N.Eriocromo T= indica)	mg/L CaCO <sub>3</sub>	202	–500
Bário (Esp. Abs. Molec)	mg/L Ba <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0	0,1–0,7
Cloretos (Método de Mohr)	mg/L Cl <sup>–</sup>	54	–250
Bicarbonatos (Tit. HCL; M.Orange=ind)	mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	115	–
Alcalinidade Total (cálculo)	mg/L CaCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	94,2	–
Potássio (Esp. Abs. Molec)	mg/L K <sup>+</sup>	7,5	10–12
Sulfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L SO <sub>2</sub> <sup>–4</sup>	11	25–250
Nitratos (Esp. Abs. Molec)	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	23	25–50
Nitritos (Esp. Abs. Molec)	mg/L No <sub>2</sub> <sup>–</sup>	0,02	0–0,01
Nitritos Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L NaNO <sub>2</sub>	0,036	–0,50
Fosfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3–</sup>	0,71	–
Ferro Total (Esp. Abs. Molec)	mg/L Fe	<0,05	0,05–0,3
Hidróxidos (pH < 8,3)	mg/L OH <sup>–</sup>	0	–
Carbonatos (Cálculo) pH < 8,3	mg/L CO <sub>3</sub> <sup>2–</sup>	0	25–250
Cobre (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,22	0,5–1,0
Silica (Esp. Abs. Molec)	mg/L SiO <sub>2</sub>	82	

## Laboratório de Controlo da Qualidade da H<sub>2</sub>O

### Relatório de Análise da Água

Requisitante: Dr. Mota Gomes

tabela 7.7.8.

Proveniência: Nascente. Local: Nascente 58 – 10/11 – Águas Verdes – Cidade Velha  
Concelho de Praia

Data da Colheita: 16 de Agosto de 2005 – 12:15horas

Data de entrada no Laboratório: 16 de Agosto de 2005

Responsável pela Colheita: INGRH e Requisitante.

Determinações	Unidade de Medida	Resultados	Valores Recomendados (VMR) (VMA)
<b>1. Físico e Organolépticos</b>			
Aspecto	–	Limpido	–
Cor aparente	PtCO APH	Incolor	1–20
Cheiro	Taxa de diluição (q) (f)	Inodoro	–
Temperatura	°C	27	–
pH (25°C)	Esc. Sorensen	7,5	6,5–8,5–9,5
Condutividade (Electrometria à 20°C)	µS/cm	346	400–2000
Mineralização Total (Cálculo)	mg/L	248	–1000
TDS (Electrometria )	mg/L	198	–1000
Salinidade (Electrometria )		0,2	–
Turbidez (turbidimetria)	NTU	1,6	0,4–5
<b>2. Químicos</b>			
Cálcio (Tit. EDTA; Murexida = indicador)	mg/L Ca <sub>2</sub> <sup>+</sup>	40	100–
Magnésio (Cálculo)	mg/L Mg <sub>2</sub> <sup>+</sup>	24	30–50
Dureza (Tit EDTA; N.Eriocromo T= indica)	mg/L CaCO <sub>3</sub>	199	–500
Bário (Esp. Abs. Molec)	mg/L Ba <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,3	0,1–0,7
Cloretos (Método de Mohr)	mg/L Cl <sup>–</sup>	43	–250
Bicarbonatos (Tit. HCL; M.Orange=ind)	mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	54	–
Alcalinidade Total (cálculo)	mg/L CaCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	44	–
Potássio (Esp. Abs. Molec)	mg/L K <sup>+</sup>	5,3	10–12
Sulfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L SO <sub>2</sub> <sup>–4</sup>	10	25–250
Nitratos (Esp. Abs. Molec)	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	15,9	25–50
Nitritos (Esp. Abs. Molec)	mg/L No <sub>2</sub> <sup>–</sup>	0,02	0–0,01
Nitritos Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L NaNO <sub>2</sub>	0,094	–0,50
Fosfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3–</sup>	0,48	–
Ferro Total (Esp. Abs. Molec)	mg/L Fe	<0,05	0,05–0,3
Hidróxidos (pH < 8,3)	mg/L OH <sup>–</sup>	0	–
Carbonatos (Cálculo) pH < 8,3	mg/L CO <sub>3</sub> <sup>2–</sup>	0	25–250
Cobre (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0	0,5–1,0
Silica (Esp. Abs. Molec)	mg/L SiO <sub>2</sub>	92	

## Laboratório de Controlo da Qualidade da H<sub>2</sub>O

### Relatório de Análise da Água

Requisitante: Dr. Mota Gomes

tabela 7.7.9.

Proveniência: Nascente. Local: Nascente 51 – 201 – Machado – Concelho de S. Miguel

Data da Colheita: 17 de Agosto de 2005 – 10:00horas

Data de entrada no Laboratório: 17 de Agosto de 2005

Responsável pela Colheita: INGRH e Requisitante.

Determinações	Unidade de Medida	Resultados	Valores Recomendados (VMR) (VMA)
<b>1. Físico e Organolépticos</b>			
Aspecto	–	Limpido	–
Cor aparente	PtCO APH	Incolor	1–20
Cheiro	Taxa de diluição (q) (f)	Inodoro	–
Temperatura	°C	26	–
pH (25°C)	Esc. Sorensen	7,8	6,5–8,5–9,5
Condutividade (Electrometria à 20°C)	µS/cm	1118	400–2000
Mineralização Total (Cálculo)	mg/L	846	–1000
TDS (Electrometria )	mg/L	573	–1000
Salinidade (Electrometria)		0,3	–
Turbidez (turbidimetria)	NTU	1,3	0,4–5
<b>2. Químicos</b>			
Cálcio (Tit. EDTA; Murexida = indicador)	mg/L Ca <sub>2</sub> <sup>+</sup>	60	100–
Magnésio (Cálculo)	mg/L Mg <sub>2</sub> <sup>+</sup>	55	30–50
Dureza (Tit EDTA; N.Eriocromo T= indica)	mg/L CaCO <sub>3</sub>	375	–500
Bário (Esp. Abs. Molec)	mg/L Ba <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,7	0,1–0,7
Cloretos (Método de Mohr)	mg/L Cl <sup>–</sup>	243	–250
Bicarbonatos (Tit. HCL; M.Orange=ind)	mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	293	–
Alcalinidade Tota (cálculo)	mg/L CaCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	240	–
Potássio (Esp. Abs. Molec)	mg/L K <sup>+</sup>	6	10–12
Sulfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L SO <sub>2</sub> <sup>–4</sup>	30	25–250
Nitratos (Esp. Abs. Molec)	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	25	25–50
Nitritos (Esp. Abs. Molec)	mg/L No <sub>2</sub> <sup>–</sup>	0	0–0,01
Nitritos Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L NaNO <sub>2</sub>	0,01	–0,50
Fosfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3–</sup>	3	–
Ferro Total (Esp. Abs. Molec)	mg/L Fe	<0,05	0,05–0,3
Hidróxidos (pH < 8,3)	mg/L OH <sup>–</sup>	0	–
Carbonatos (Cálculo) pH < 8,3	mg/L CO <sub>3</sub> <sup>2–</sup>	0	25–250
Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L Na <sup>+</sup>	78	
Cobre (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0	0,5–1,0
Silica (Esp. Abs. Molec)	mg/L SiO <sub>2</sub>	42	

## Laboratório de Controlo da Qualidade da H<sub>2</sub>O

### Relatório de Análise da Água

Requisitante: Dr. Mota Gomes

tabela 7.7.10.

Proveniência: Furo. Local: Furo FT – 5 – Flamengos – Concelho de S. Miguel

Data da Colheita: 17 de Agosto de 2005 – 11:45horas

Data de entrada no Laboratório: 17 de Agosto de 2005

Responsável pela Colheita: INGRH e Requisitante.

Determinações	Unidade de Medida	Resultados	Valores Recomendados (VMR) (VMA)
<b>1. Físico e Organolépticos</b>			
Aspecto	–	Limpido	–
Cor aparente	PtCO APH	Incolor	1–20
Cheiro	Taxa de diluição (q) (f)	Inodoro	–
Temperatura	°C	21	–
pH (25°C)	Esc. Sorensen	8,0	6,5–8,5–9,5
Condutividade (Electrometria à 20°C)	µS/cm	1127	400–2000
Mineralização Total (Cálculo)	mg/L	976	–1000
TDS (Electrometria )	mg/L	552	–1000
Salinidade (Electrometria )		0,3	–
Turbidez (turbidimetria)	NTU	0,8	0,4–5
<b>2. Químicos</b>			
Cálcio (Tit. EDTA; Murexida = indicador)	mg/L Ca <sub>2</sub> <sup>+</sup>	40	100–
Magnésio (Cálculo)	mg/L Mg <sub>2</sub> <sup>+</sup>	45	30–50
Dureza (Tit EDTA; N.Eriocromo T= indica)	mg/L CaCO <sub>3</sub>	285	–500
Bário (Esp. Abs. Molec)	mg/L Ba <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,6	0,1–0,7
Cloretos (Método de Mohr)	mg/L Cl <sup>–</sup>	216	–250
Bicarbonatos (Tit. HCL; M.Orange=ind)	mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	395	–
Alcalinidade Total (cálculo)	mg/L CaCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	324	–
Potássio (Esp. Abs. Molec)	mg/L K <sup>+</sup>	11	10–12
Sulfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L SO <sub>4</sub> <sup>–2</sup>	36	25–250
Nitratos (Esp. Abs. Molec)	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	20	25–50
Nitritos (Esp. Abs. Molec)	mg/L NO <sub>2</sub> <sup>–</sup>	0	0–0,01
Nitritos Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L NaNO <sub>2</sub>	0,01	–0,50
Fosfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3–</sup>	3	–
Ferro Total (Esp. Abs. Molec)	mg/L Fe	<0,05	0,05–0,3
Hidróxidos (pH < 8,3)	mg/L OH <sup>–</sup>	0	–
Carbonatos (Cálculo) pH 8,3	mg/L CO <sub>3</sub> <sup>2–</sup>	0	25–250
Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	165	0,5–1,0
Cobre (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0	0,5–1,0
Silica (Esp. Abs. Molec)	mg/L SiO <sub>2</sub>	49	

## Laboratório de Controlo da Qualidade da H<sub>2</sub>O

### Relatório de Análise da Água

Requisitante: Dr. Mota Gomes

tabela 7.7.11.

Proveniência: Nascente. Local: Nascente 58 – 9 – Águas Verdes – Cidade Velha  
Concelho de Praia

Data da Colheita: 16 de Agosto de 2005 – 12:15horas

Data de entrada no Laboratório: 16 de Agosto de 2005

Responsável pela Colheita: INGRH e Requisitante.

Determinações	Unidade de Medida	Resultados	Valores	
			Recomendados (VMR)	(VMA)
1. Físico e Organolépticos				
Aspecto	–	Limpido	–	
Cor aparente	PtCO APH	Incolor	1–20	
Cheiro	Taxa de diluição (q) (f)	Inodoro	–	
Temperatura	°C	25	–	
pH (25°C)	Esc. Sorensen	7,3	6,5–8,5–9,5	
Condutividade (Electrometria à 20°C)	µS/cm	367	400–2000	
Mineralização Total (Cálculo)	mg/L	263	–1000	
TDS (Electrometria )	mg/L	186	–1000	
Salinidade (Electrometria )		0,2	–	
Turbidez (turbidimetria)	NTU	1,1	0,4–5	
2. Químicos				
Cálcio (Tit. EDTA; Murexida = indicador)	mg/L Ca <sub>2</sub> <sup>+</sup>	35	100–	
Magnésio (Cálculo)	mg/L Mg <sub>2</sub> <sup>+</sup>	22	30–50	
Dureza (Tit EDTA; N.Eriocromo T= indica)	mg/L CaCO <sub>3</sub>	178	–500	
Bário (Esp. Abs. Molec)	mg/L Ba <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,2	0,1–0,7	
Cloretos (Método de Mohr)	mg/L Cl <sup>-</sup>	50	–250	
Bicarbonatos (Tit. HCL; M.Orange=ind)	mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	60	–	
Alcalinidade Total (cálculo)	mg/L CaCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	49	–	
Potássio (Esp. Abs. Molec)	mg/L K <sup>+</sup>	7	10–12	
Sulfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L SO <sub>2</sub> <sup>-4</sup>	17	25–250	
Nitratos (Esp. Abs. Molec)	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	18	25–50	
Nitritos (Esp. Abs. Molec)	mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,01	0–0,01	
Nitritos Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L NaNO <sub>2</sub>	0,05	–0,50	
Fosfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,10	–	
Ferro Total (Esp. Abs. Molec)	mg/L Fe	<0,05	0,05–0,3	
Hidróxidos (pH < 8,3)	mg/L OH <sup>-</sup>	0	–	
Carbonatos (Cálculo) pH 8,3	mg/L CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0	25–250	
Cobre (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0	0,5–1,0	
Silica (Esp. Abs. Molec)	mg/L SiO <sub>2</sub>	98		



## Laboratório de Controlo da Qualidade da H<sub>2</sub>O

### Relatório de Análise da Água

Requisitante: Dr. Mota Gomes

tabela 7.7.12.

Proveniência: Furo. Local: FBE – 116 – Achada Galego – Concelho de Santa Catarina.

Data da Colheita: 18 de Agosto de 2005 – 09:35horas

Data de entrada no Laboratório: 18 de Agosto de 2005

Responsável pela Colheita: INGRH e Requisitante.

Determinações	Unidade de Medida	Resultados	Valores Recomendados (VMR) (VMA)
<b>1. Físico e Organolépticos</b>			
Aspecto	–	Limpido	–
Cor aparente	PtCO APH	Incolor	1–20
Cheiro	Taxa de diluição (q) (f)	Inodoro	–
Temperatura	°C	25	–
pH (25°C)	Esc. Sorensen	7,7	6,5–8,5–9,5
Condutividade (Electrometria à 20°C)	µS/cm	435	400–2000
Mineralização Total (Cálculo)	mg/L	311	–1000
TDS (Electrometria )	mg/L	234	–1000
Salinidade (Electrometria )		0,2	–
Turbidez (turbidimetria)	NTU	2,1	0,4–5
<b>2. Químicos</b>			
Cálcio (Tit. EDTA; Murexida = indicador)	mg/L Ca <sub>2</sub> <sup>+</sup>	32	100–
Magnésio (Cálculo)	mg/L Mg <sub>2</sub> <sup>+</sup>	19	30–50
Dureza (Tit EDTA; N.Eriocromo T= indica)	mg/L CaCO <sub>3</sub>	158	–500
Bário (Esp. Abs. Molec)	mg/L Ba <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,3	0,1–0,7
Cloretos (Método de Mohr)	mg/L Cl <sup>–</sup>	55	–250
Bicarbonatos (Tit. HCL; M.Orange=ind)	mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	112	–
Alcalinidade Total (cálculo)	mg/L CaCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	92	–
Potássio (Esp. Abs. Molec)	mg/L K <sup>+</sup>	11	10–12
Sulfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L SO <sub>4</sub> <sup>–4</sup>	8	25–250
Nitratos (Esp. Abs. Molec)	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	43	25–50
Nitritos (Esp. Abs. Molec)	mg/L No <sub>2</sub> <sup>–</sup>	0,015	0–0,01
Nitritos Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L NaNO <sub>2</sub>	0,023	–0,50
Fosfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3–</sup>	0	–
Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	57	0,5–1,0
Ferro Total (Esp. Abs. Molec)	mg/L Fe	<0,05	0,05–0,3
Hidróxidos (pH < 8,3)	mg/L OH <sup>–</sup>	0	–
Carbonatos (Cálculo) pH 8,3	mg/L CO <sub>3</sub> <sup>2–</sup>	0	25–250
Cobre (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0	0,5–1,0
Silica (Esp. Abs. Molec)	mg/L SiO <sub>2</sub>	44	

## Laboratório de Controlo da Qualidade da H<sub>2</sub>O

### Relatório de Análise da Água

Requisitante: Dr. Mota Gomes

tabela 7.7.13.

Proveniência: Furo. Local: FBE – 161 – Caris Morto – Concelho de Santa Catarina.

Data da Colheita: 18 de Agosto de 2005 – 10:40horas

Data de entrada no Laboratório: 18 de Agosto de 2005

Responsável pela Colheita: INGRH e Requisitante.

Determinações	Unidade de Medida	Resultados	Valores Recomendados (VMR) (VMA)
<b>1. Físico e Organolépticos</b>			
Aspecto	–	Limpido	–
Cor aparente	PtCO APH	Incolor	1–20
Cheiro	Taxa de diluição (q) (f)	Inodoro	–
Temperatura	°C	24	–
pH (25°C)	Esc. Sorensen	8,1	6,5–8,5–9,5
Condutividade (Electrometria à 20°C)	µS/cm	507	400–2000
Mineralização Total (Cálculo)	mg/L	448	–1000
TDS (Electrometria )	mg/L	248	–1000
Salinidade (Electrometria )		0,2	–
Turbidez (turbidimetria)	NTU	0,5	0,4–5
<b>2. Químicos</b>			
Cálcio (Tit. EDTA; Murexida = indicador)	mg/L Ca <sub>2</sub> <sup>+</sup>	20,8	100–
Magnésio (Cálculo)	mg/L Mg <sub>2</sub> <sup>+</sup>	17,5	30–50
Dureza (Tit EDTA; N.Eriocromo T= indica)	mg/L CaCO <sub>3</sub>	124	–500
Bário (Esp. Abs. Molec)	mg/L Ba <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,4	0,1–0,7
Cloretos (Método de Mohr)	mg/L Cl <sup>–</sup>	58	–250
Bicarbonatos (Tit. HCL; M.Orange=ind)	mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	184	–
Alcalinidade Total (cálculo)	mg/L CaCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	151	–
Potássio (Esp. Abs. Molec)	mg/L K <sup>+</sup>	9	10–12
Sulfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L SO <sub>2</sub> <sup>–4</sup>	12	25–250
Nitratos (Esp. Abs. Molec)	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	50	25–50
Nitritos (Esp. Abs. Molec)	mg/L No <sub>2</sub> <sup>–</sup>	0,015	0–0,01
Nitritos Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L NaNO <sub>2</sub>	0,04	–0,50
Fosfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3–</sup>	0	–
Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	61	0,5–1,0
Ferro Total (Esp. Abs. Molec)	mg/L Fe	<0,05	0,05–0,3
Hidróxidos (pH < 8,3)	mg/L OH <sup>–</sup>	0	–
Carbonatos (Cálculo) pH 8,3	mg/L CO <sub>3</sub> <sup>2–</sup>	0	25–250
Cobre (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0	0,5–1,0
Silica (Esp. Abs. Molec)	mg/L SiO <sub>2</sub>	56	

## Laboratório de Controlo da Qualidade da H<sub>2</sub>O

### Relatório de Análise da Água

Requisitante: Dr. Mota Gomes

tabela 7.7.14.

Proveniência: Nascente. Local: 51–6/7/8 Águas Podres – Concelho de Santa Catarina.

Data da Colheita: 18 de Agosto de 2005 – 12:50horas

Data de entrada no Laboratório: 18 de Agosto de 2005

Responsável pela Colheita: INGRH e Requisitante.

Determinações	Unidade de Medida	Resultados	Valores Recomendados (VMR) (VMA)
<b>1. Físico e Organolépticos</b>			
Aspecto	–	Limpido	–
Cor aparente	PtCO APH	Incolor	1–20
Cheiro	Taxa de diluição (q) (f)	Inodoro	–
Temperatura	°C	24	–
pH (25°C)	Esc. Sorensen	7,7	6,5–8,5–9,5
Condutividade (Electrometria à 20°C)	µS/cm	642	400–2000
Mineralização Total (Cálculo)	mg/L	459	–1000
TDS (Electrometria )	mg/L	349	–1000
Salinidade (Electrometria )		0,3	–
Turbidez (turbidimetria)	NTU	1,4	0,4–5
<b>2. Químicos</b>			
Cálcio (Tit. EDTA; Murexida = indicador)	mg/L Ca <sub>2</sub> <sup>+</sup>	18	100–
Magnésio (Cálculo)	mg/L Mg <sub>2</sub> <sup>+</sup>	19,7	30–50
Dureza (Tit EDTA; N.Eriocromo T= indica)	mg/L CaCO <sub>3</sub>	126	–500
Bário (Esp. Abs. Molec)	mg/L Ba <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,2	0,1–0,7
Cloretos (Método de Mohr)	mg/L Cl <sup>–</sup>	67	–250
Bicarbonatos (Tit. HCL; M.Orange=ind)	mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	129	–
Alcalinidade Total (cálculo)	mg/L CaCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	106	–
Potássio (Esp. Abs. Molec)	mg/L K <sup>+</sup>	7,1	10–12
Sulfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L SO <sub>4</sub> <sup>–4</sup>	25	25–250
Nitratos (Esp. Abs. Molec)	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	43	25–50
Nitritos (Esp. Abs. Molec)	mg/L No <sub>2</sub> <sup>–</sup>	0	0–0,01
Nitritos Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L NaNO <sub>2</sub>	0	–0,50
Fosfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3–</sup>	0	–
Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	55	0,5–1,0
Ferro Total (Esp. Abs. Molec)	mg/L Fe	<0,05	0,05–0,3
Hidróxidos (pH < 8,3)	mg/L OH <sup>–</sup>	0	–
Carbonatos (Cálculo) pH 8,3	mg/L CO <sub>3</sub> <sup>2–</sup>	0	25–250
Cobre (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0	0,5–1,0
Silica (Esp. Abs. Molec)	mg/L SiO <sub>2</sub> <sup>+</sup>	66	

## Laboratório de Controlo da Qualidade da H<sub>2</sub>O

### Relatório de Análise da Água

Requisitante: Dr. Mota Gomes

tabela 7.7.15.

Proveniência: Furo. Local: SP 39 – Ribeira dos Picos – Concelho de Santa Cruz.

Data da Colheita: 17 de Agosto de 2005 – 14:00horas

Data de entrada no Laboratório: 17 de Agosto de 2005

Responsável pela Colheita: INGRH e Requisitante.

Determinações	Unidade de Medida	Resultados	Valores Recomendados (VMR) (VMA)
<b>1. Físico e Organolépticos</b>			
Aspecto	–	Limpido	–
Cor aparente	PtCO APH	Incolor	1–20
Cheiro	Taxa de diluição (q) (f)	Inodoro	–
Temperatura	°C	29	–
pH (25°C)	Esc. Sorensen	7,9	6,5–8,5–9,5
Condutividade (Electrometria à 20°C)	µS/cm	691	400–2000
Mineralização Total (Cálculo)	mg/L	554	–1000
TDS (Electrometria )	mg/L	339	–1000
Salinidade (Electrometria )		0,3	–
Turbidez (turbidimetria)	NTU	2,1	0,4–5
<b>2. Químicos</b>			
Cálcio (Tit. EDTA; Murexida = indicador)	mg/L Ca <sub>2</sub> <sup>+</sup>	32	100–
Magnésio (Cálculo)	mg/L Mg <sub>2</sub> <sup>+</sup>	19	30–50
Dureza (Tit EDTA; N.Eriocromo T= indica)	mg/L CaCO <sub>3</sub>	158	–500
Bário (Esp. Abs. Molec)	mg/L Ba <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,3	0,1–0,7
Cloretos (Método de Mohr)	mg/L Cl <sup>–</sup>	55	–250
Bicarbonatos (Tit. HCL; M.Orange=ind)	mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	112	–
Alcalinidade Total (cálculo)	mg/L CaCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	92	–
Potássio (Esp. Abs. Molec)	mg/L K <sup>+</sup>	11	10–12
Sulfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L SO <sub>2</sub> <sup>–4</sup>	8	25–250
Nitratos (Esp. Abs. Molec)	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	43	25–50
Nitritos (Esp. Abs. Molec)	mg/L No <sub>2</sub> <sup>–</sup>	0,015	0–0,01
Nitritos Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L NaNO <sub>2</sub>	0,023	–0,50
Fosfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3–</sup>	0	–
Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	57	0,5–1,0
Ferro Total (Esp. Abs. Molec)	mg/L Fe	<0,05	0,05–0,3
Hidróxidos (pH < 8,3)	mg/L OH <sup>–</sup>	0	–
Carbonatos (Cálculo) pH 8,3	mg/L CO <sub>3</sub> <sup>2–</sup>	0	25–250
Cobre (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0	0,5–1,0
Silica (Esp. Abs. Molec)	mg/L SiO <sub>2</sub>	44	

## Laboratório de Controlo da Qualidade da H<sub>2</sub>O

### Relatório de Análise da Água

Requisitante: Dr. Mota Gomes

tabela 7.7.16.

Proveniência: Furo. Local: FT – 81 – Telha – Concelho de São Domingos.

Data da Colheita: 18 de Agosto de 2005 – 09:00horas

Data de entrada no Laboratório: 18 de Agosto de 2005

Responsável pela Colheita: INGRH e Requisitante.

Determinações	Unidade de Medida	Resultados	Valores Recomendados (VMR) (VMA)
<b>1. Físico e Organolépticos</b>			
Aspecto	–	Limpido	–
Cor aparente	PtCO APH	Incolor	1–20
Cheiro	Taxa de diluição (q) (f)	Inodoro	–
Temperatura	°C	29	–
pH (25°C)	Esc. Sorensen	7,5	6,5–8,5–9,5
Condutividade (Electrometria à 20°C)	µS/cm	1135	400–2000
Mineralização Total (Cálculo)	mg/L	862	–1000
TDS (Electrometria )	mg/L	629	–1000
Salinidade (Electrometria )		0,6	–
Turbidez (turbidimetria)	NTU	3,3	0,4–5
<b>2. Químicos</b>			
Cálcio (Tit. EDTA; Murexida = indicador)	mg/L Ca <sub>2</sub> <sup>+</sup>	48	100–
Magnésio (Cálculo)	mg/L Mg <sub>2</sub> <sup>+</sup>	72	30–50
Dureza (Tit EDTA; N.Eriocromo T= indica)	mg/L CaCO <sub>3</sub>	420	–500
Bário (Esp. Abs. Molec)	mg/L Ba <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,6	0,1–0,7
Cloretos (Método de Mohr)	mg/L Cl <sup>–</sup>	60	–250
Bicarbonatos (Tit. HCL; M.Orange=ind)	mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	187	–
Alcalinidade Total (cálculo)	mg/L CaCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	153	–
Potássio (Esp. Abs. Molec)	mg/L K <sup>+</sup>	6	10–12
Sulfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L SO <sub>4</sub> <sup>–4</sup>	49	25–250
Nitratos (Esp. Abs. Molec)	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	44	25–50
Nitritos (Esp. Abs. Molec)	mg/L No <sub>2</sub> <sup>–</sup>	0,03	0–0,01
Nitritos Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L NaNO <sub>2</sub>	0,044	–0,50
Fosfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3–</sup>	1,22	–
Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	71	0,5–1,0
Ferro Total (Esp. Abs. Molec)	mg/L Fe	<0,05	0,05–0,3
Hidróxidos (pH < 8,3)	mg/L OH <sup>–</sup>	0	–
Carbonatos (Cálculo) pH 8,3	mg/L CO <sub>2</sub> <sup>2–</sup>	0	25–250
Cobre (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,4	0,5–1,0
Silica (Esp. Abs. Molec)	mg/L SiO <sub>2</sub>	54	

## Laboratório de Controlo da Qualidade da H<sub>2</sub>O

### Relatório de Análise da Água

Requisitante: Dr. Mota Gomes

tabela 7.7.17.

Proveniência: Furo. Local: FT – 67 – Ribeirão Boi – Concelho de Santa Cruz.

Data da Colheita: 17 de Agosto de 2005 – 11:35horas

Data de entrada no Laboratório: 17 de Agosto de 2005

Responsável pela Colheita: INGRH e Requisitante.

Determinações	Unidade de Medida	Resultados	Valores Recomendados (VMR) (VMA)
<b>1. Físico e Organolépticos</b>			
Aspecto	–	Limpido	–
Cor aparente	PtCO APH	Incolor	1–20
Cheiro	Taxa de diluição (q) (f)	Inodoro	–
Temperatura	°C	27	–
pH (25°C)	Esc. Sorensen	7,4	6,5–8,5–9,5
Condutividade (Electrometria à 20°C)	µS/cm	981	400–2000
Mineralização Total (Cálculo)	mg/L	744	–1000
TDS (Electrometria )	mg/L	542	–1000
Salinidade (Electrometria )		0,5	–
Turbidez (turbidimetria)	NTU	1,9	0,4–5
<b>2. Químicos</b>			
Cálcio (Tit. EDTA; Murexida = indicador)	mg/L Ca <sub>2</sub> <sup>+</sup>	32	100–
Magnésio (Cálculo)	mg/L Mg <sub>2</sub> <sup>+</sup>	34	30–50
Dureza (Tit EDTA; N.Eriocromo T= indica)	mg/L CaCO <sub>3</sub>	220	–500
Bário (Esp. Abs. Molec)	mg/L Ba <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,4	0,1–0,7
Cloretos (Método de Mohr)	mg/L Cl <sup>–</sup>	83	–250
Bicarbonatos (Tit. HCL; M.Orange=ind)	mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	333	–
Alcalinidade Total (cálculo)	mg/L CaCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	273	–
Potássio (Esp. Abs. Molec)	mg/L K <sup>+</sup>	9	10–12
Sulfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L SO <sub>2</sub> <sup>–4</sup>	45	25–250
Nitratos (Esp. Abs. Molec)	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	17	25–50
Nitritos (Esp. Abs. Molec)	mg/L No <sub>2</sub> <sup>–</sup>	0	0–0,01
Nitritos Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L NaNO <sub>2</sub>	0	–0,50
Fosfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3–</sup>	1,9	–
Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	86	0,5–1,0
Ferro Total (Esp. Abs. Molec)	mg/L Fe	<0,05	0,05–0,3
Hidróxidos (pH < 8,3)	mg/L OH <sup>–</sup>	0	–
Carbonatos (Cálculo) pH 8,3	mg/L CO <sub>4</sub> <sup>2–</sup>	0	25–250
Cobre (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,3	0,5–1,0
Silica (Esp. Abs. Molec)	mg/L SiO <sub>2</sub>	45	

## Laboratório de Controlo da Qualidade da H<sub>2</sub>O

### Relatório de Análise da Água

Requisitante: Dr. Mota Gomes

tabela 7.7.18.

Proveniência: Furo. Local: FBE-74 Boa Entrada Poilão – Concelho de Santa Catarina.

Data da Colheita: 17 de Agosto de 2005 – 13:55horas

Data de entrada no Laboratório: 17 de Agosto de 2005

Responsável pela Colheita: INGRH e Requisitante.

Determinações	Unidade de Medida	Resultados	Valores Recomendados (VMR) (VMA)
<b>1. Físico e Organolépticos</b>			
Aspecto	–	Limpido	–
Cor aparente	PtCO APH	Incolor	1–20
Cheiro	Taxa de diluição (q) (f)	Inodoro	–
Temperatura	°C	29	–
pH (25°C)	Esc. Sorensen	7,4	6,5–8,5–9,5
Condutividade (Electrometria à 20°C)	µS/cm	1962	400–2000
Mineralização Total (Cálculo)	mg/L	1488	–1000
TDS (Electrometria )	mg/L	542	–1000
Salinidade (Electrometria )		0,5	–
Turbidez (turbidimetria)	NTU	1,9	0,4–5
<b>2. Químicos</b>			
Cálcio (Tit. EDTA; Murexida = indicador)	mg/L Ca <sub>2</sub> <sup>+</sup>	32	100–
Magnésio (Cálculo)	mg/L Mg <sub>2</sub> <sup>+</sup>	68	30–50
Dureza (Tit EDTA; N.Eriocromo T= indica)	mg/L CaCO <sub>3</sub>	360	–500
Bário (Esp. Abs. Molec)	mg/L Ba <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,5	0,1–0,7
Cloretos (Método de Mohr)	mg/L Cl <sup>–</sup>	240	–250
Bicarbonatos (Tit. HCL; M.Orange=ind)	mg/L HCO <sub>3</sub>	7	276 –
Alcalinidade Total (cálculo)	mg/L CaCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	276	–
Potássio (Esp. Abs. Molec)	mg/L K <sup>+</sup>	11	10–12
Sulfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L SO <sub>2</sub> <sup>–4</sup>	30	25–250
Nitratos (Esp. Abs. Molec)	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	30	25–50
Nitritos (Esp. Abs. Molec)	mg/L No <sub>2</sub> <sup>–</sup>	0	0–0,01
Nitritos Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L NaNO <sub>2</sub>	0	–0,50
Fosfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3–</sup>	1,9	–
Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	116	0,5–1,0
Ferro Total (Esp. Abs. Molec)	mg/L Fe	<0,05	0,05–0,3
Hidróxidos (pH < 8,3)	mg/L OH <sup>–</sup>	0	–
Carbonatos (Cálculo) pH 8,3	mg/L CO <sub>3</sub> <sup>2–</sup>	0	25–250
Cobre (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,2	0,5–1,0
Silica (Esp. Abs. Molec)	mg/L SiO <sub>2</sub>	41	

## Laboratório de Controlo da Qualidade da H<sub>2</sub>O

### Relatório de Análise da Água

Requisitante: Dr. Mota Gomes

tabela 7.7.19.

Proveniência: Furo. Local: FBE – 56 – Caiumbra – Concelho de São Domingos.

Data da Colheita: XX de Agosto de 2005 – 13:55h

Data de entrada no Laboratório: XX de Agosto de 2005

Responsável pela Colheita: INGRH e Requisitante.

Determinações	Unidade de Medida	Resultados	Valores Recomendados (VMR) (VMA)
<b>1. Físico e Organolépticos</b>			
Aspecto	–	Limpido	–
Cor aparente	PtCO APH	Incolor	1–20
Cheiro	Taxa de diluição (q) (f)	Inodoro	–
Temperatura	°C	26,3	–
pH (25°C)	Esc. Sorensen	7,6	6,5–8,5–9,5
Condutividade (Electrometria à 20°C)	µS/cm	974	400–2000
Mineralização Total (Cálculo)	mg/L	739	–1000
TDS (Electrometria )	mg/L	530	–1000
Salinidade (Electrometria )		0,5	–
Turbidez (turbidimetria)	NTU		0,4–5
<b>2. Químicos</b>			
Cálcio (Tit. EDTA; Murexida = indicador)	mg/L Ca <sub>2</sub> <sup>+</sup>	38	100–
Magnésio (Cálculo)	mg/L Mg <sub>2</sub> <sup>+</sup>	54	30–50
Dureza (Tit EDTA; N.Eriocromo T= indica)	mg/L CaCO <sub>3</sub>	316	–500
Bário (Esp. Abs. Molec)	mg/L Ba <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,5	0,1–0,7
Cloretos (Método de Mohr)	mg/L Cl <sup>–</sup>	166	–250
Bicarbonatos (Tit. HCL; M.Orange=ind)	mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	176	–
Alcalinidade Total (cálculo)	mg/L CaCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	144	–
Potássio (Esp. Abs. Molec)	mg/L K <sup>+</sup>	7,5	10–12
Sulfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L SO <sub>2</sub> <sup>–4</sup>	31	25–250
Nitratos (Esp. Abs. Molec)	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	26,6	25–50
Nitritos (Esp. Abs. Molec)	mg/L No <sub>2</sub> <sup>–</sup>	0,01	0–0,01
Nitritos Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L NaNO <sub>2</sub>	0	–0,50
Fosfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3–</sup>	0,94	–
Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	54	0,5–1,0
Ferro Total (Esp. Abs. Molec)	mg/L Fe	<0,05	0,05–0,3
Hidróxidos (pH < 8,3)	mg/L OH <sup>–</sup>	0	–
Carbonatos (Cálculo) pH 8,3	mg/L CO <sub>3</sub> <sup>2–</sup>	0	25–250
Cobre (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,2	0,5–1,0
Silica (Esp. Abs. Molec)	mg/L SiO <sub>2</sub>	37	



## Laboratório de Controlo da Qualidade da H<sub>2</sub>O

### Relatório de Análise da Água

Requisitante: Dr. Mota Gomes

tabela 7.7.20.

Proveniência: Furo. Local: SP – 34 – Ribeira dos Picos – Concelho de São Domingos.

Data da Colheita: XX de Agosto de 2005 – 13:55h

Data de entrada no Laboratório: XX de Agosto de 2005

Determinações	Unidade de Medida	Resultados	Valores	
			Recomendados (VMR)	(VMA)
1. Físico e Organolépticos				
Aspecto	–	Limpido	–	
Cor aparente	PtCO APH	Incolor	1–20	
Cheiro	Taxa de diluição (q) (f)	Inodoro	–	
Temperatura	°C	28	–	
pH (25°C)	Esc. Sorensen	6,9	6,5–8,5–9,5	
Condutividade (Electrometria à 20°C)	µS/cm	1179	400–2000	
Mineralização Total (Cálculo)	mg/L	894	–1000	
TDS (Electrometria )	mg/L	546	–1000	
Salinidade (Electrometria )		0,5	–	
Turbidez (turbidimetria)	NTU	0,3	0,4–5	
2. Químicos				
Cálcio (Tit. EDTA; Murexida = indicador)	mg/L Ca <sub>2</sub> <sup>+</sup>	11,3	100–	
Magnésio (Cálculo)	mg/L Mg <sub>2</sub> <sup>+</sup>	91,2	30–50	
Dureza (Tit EDTA; N.Eriocromo T= indica)	mg/L CaCO <sub>3</sub>	412	–500	
Bário (Esp. Abs. Molec)	mg/L Ba <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,4	0,1–0,7	
Cloretos (Método de Mohr)	mg/L Cl <sup>-</sup>	181	–250	
Bicarbonatos (Tit. HCL; M.Orange=ind)	mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	205	–	
Alcalinidade Total (cálculo)	mg/L CaCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	168	–	
Potássio (Esp. Abs. Molec)	mg/L K <sup>+</sup>	7,5	10–12	
Sulfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L SO <sub>2</sub> <sup>-4</sup>	25	25–250	
Nitratos (Esp. Abs. Molec)	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	24,5	25–50	
Nitritos (Esp. Abs. Molec)	mg/L No <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0–0,01	
Nitritos Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L NaNO <sub>2</sub>	0	–0,50	
Fosfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,94	–	
Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	90	0,5–1,0	
Ferro Total (Esp. Abs. Molec)	mg/L Fe	<0,05	0,05–0,3	
Hidróxidos (pH < 8,3)	mg/L OH <sup>-</sup>	0	–	
Carbonatos (Cálculo) pH 8,3	mg/L CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0	25–250	
Cobre (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,2	0,5–1,0	
Silica (Esp. Abs. Molec)	mg/L SiO <sub>2</sub>	40		

## Laboratório de Controlo da Qualidade da H<sub>2</sub>O

### Relatório de Análise da Água

Requisitante: Dr. Mota Gomes

tabela 7.7.21.

Proveniência: Furo. Local: FT – 23 – S. Jorge dos Órgãos.

Data da Colheita: 16 de Agosto de 2005 – 12:20h

Data de entrada no Laboratório: 16 de Agosto de 2005

Responsável pela Colheita: INGRH e Requisitante.

Determinações	Unidade de Medida	Resultados	Valores Recomendados (VMR) (VMA)
<b>1. Físico e Organolépticos</b>			
Aspecto	–	Limpido	–
Cor aparente	PtCO APH	Incolor	1–20
Cheiro	Taxa de diluição (q) (f)	Inodoro	–
Temperatura	°C	23	–
pH (25°C)	Esc. Sorensen	7,0	6,5–8,5–9,5
Condutividade (Electrometria à 20°C)	µS/cm	1175	400–2000
Mineralização Total (Cálculo)	mg/L	851	–1000
TDS (Electrometria )	mg/L	533	–1000
Salinidade (Electrometria )		0,5	–
Turbidez (turbidimetria)	NTU	2,3	0,4–5
<b>2. Químicos</b>			
Cálcio (Tit. EDTA; Murexida = indicador)	mg/L Ca <sub>2</sub> <sup>+</sup>	24	100–
Magnésio (Cálculo)	mg/L Mg <sub>2</sub> <sup>+</sup>	22	30–50
Dureza (Tit EDTA; N.Eriocromo T= indica)	mg/L CaCO <sub>3</sub>	150	–500
Bário (Esp. Abs. Molec)	mg/L Ba <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,4	0,1–0,7
Cloretos (Método de Mohr)	mg/L Cl <sup>–</sup>	193	–250
Bicarbonatos (Tit. HCL; M.Orange=ind)	mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	198	–
Alcalinidade Total (cálculo)	mg/L CaCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	163	–
Potássio (Esp. Abs. Molec)	mg/L K <sup>+</sup>	8,5	10–12
Sulfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L SO <sub>2</sub> <sup>–4</sup>	196	25–250
Nitratos (Esp. Abs. Molec)	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	15	25–50
Nitritos (Esp. Abs. Molec)	mg/L No <sub>2</sub> <sup>–</sup>	0,04	0–0,01
Nitritos Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L NaNO <sub>2</sub>	0,06	–0,50
Fosfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3–</sup>	0,7	–
Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	71	0,5–1,0
Ferro Total (Esp. Abs. Molec)	mg/L Fe	<0,05	0,05–0,3
Hidróxidos (pH < 8,3)	mg/L OH <sup>–</sup>	0	–
Carbonatos (Cálculo) pH 8,3	mg/L CO <sub>3</sub> <sup>2–</sup>	0	25–250
Cobre (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,2	0,5–1,0
Silica (Esp. Abs. Molec)	mg/L SiO <sub>2</sub>	34	

## Laboratório de Controlo da Qualidade da H<sub>2</sub>O

### Relatório de Análise da Água

Requisitante: Dr. Mota Gomes

tabela 7.7.22.

Proveniência: Furo. Local: FT – 13 – São Domingos.

Data da Colheita: 18 de Agosto de 2005 – 10:00h

Data de entrada no Laboratório: 18 de Agosto de 2005

Responsável pela Colheita: INGRH e Requisitante.

Determinações	Unidade de Medida	Resultados	Valores Recomendados (VMR) (VMA)
<b>1. Físico e Organolépticos</b>			
Aspecto	–	Limpido	–
Cor aparente	PtCO APH	Incolor	1–20
Cheiro	Taxa de diluição (q) (f)	Inodoro	–
Temperatura	°C	27	–
pH (25°C)	Esc. Sorensen	7,4	6,5–8,5–9,5
Condutividade (Electrometria à 20°C)	µS/cm	1815	400–2000
Mineralização Total (Cálculo)	mg/L	891	–1000
TDS (Electrometria )	mg/L	869	–1000
Salinidade (Electrometria )		1,0	–
Turbidez (turbidimetria)	NTU	2,8	0,4–5
<b>2. Químicos</b>			
Cálcio (Tit. EDTA; Murexida = indicador)	mg/L Ca <sub>2</sub> <sup>+</sup>	50	100–
Magnésio (Cálculo)	mg/L Mg <sub>2</sub> <sup>+</sup>	61	30–50
Dureza (Tit EDTA; N.Eriocromo T= indica)	mg/L CaCO <sub>3</sub>	375	–500
Bário (Esp. Abs. Molec)	mg/L Ba <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,6	0,1–0,7
Cloretos (Método de Mohr)	mg/L Cl <sup>–</sup>	268	–250
Bicarbonatos (Tit. HCL; M.Orange=ind)	mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	231	–
Alcalinidade Total (cálculo)	mg/L CaCO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	189	–
Potássio (Esp. Abs. Molec)	mg/L K <sup>+</sup>	11	10–12
Sulfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L SO <sub>2</sub> <sup>–4</sup>	170	25–250
Nitratos (Esp. Abs. Molec)	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>–</sup>	8,8	25–50
Nitritos (Esp. Abs. Molec)	mg/L No <sub>2</sub> <sup>–</sup>	0,02	0–0,01
Nitritos Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L NaNO <sub>2</sub>	0,03	–0,50
Fosfatos (Esp. Abs. Molec)	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3–43–</sup>	0,9	–
Sódio (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	87	0,5–1,0
Ferro Total (Esp. Abs. Molec)	mg/L Fe	<0,05	0,05–0,3
Hidróxidos (pH < 8,3)	mg/L OH <sup>–</sup>	0	–
Carbonatos (Cálculo) pH 8,3	mg/L CO <sub>3</sub> <sup>2–</sup>	0	25–250
Cobre (Esp. Abs. Molec)	mg/L Cu <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,3	0,5–1,0
Silica (Esp. Abs. Molec)	mg/L SiO <sub>2</sub>	53	

## Conclusão/Recomendação

A água tem assumido gradualmente um determinante papel no desenvolvimento económico e na qualidade de vida dos cidadãos da República de Cabo Verde, embora não sejamos favorecidos em termos de recursos naturais e, de um modo particular, em termos de recursos hídricos potenciais.

Esse desenvolvimento, todavia, não tem sido acompanhado de um rigoroso controlo de exploração e gestão dos recursos hídricos e, especialmente, das águas subterrâneas, que desde os anos setenta tem vindo a fornecer água potável para consumo humano, água para irrigação, água para pequenas indústrias e outras necessidades, através de furos, (principalmente), nascentes e poços. A situação agrava-se com a irregularidade das precipitações que se tem verificado há dezenas de anos, tendo ocasionado indícios de intrusão salina nalgumas ribeiras, assim como abaixamento de nível freático nas partes alta e média da ilha de Santiago.

Embora se possa verificar uma maior consciencialização relativamente à problemática dos recursos hídricos, há necessidade premente de implementação de dispositivos de retenção e armazenamento de águas superficiais (barragens), de dispositivos de espraçamento de águas superficiais e de recarga de aquíferos e da dessalinização da água do mar, de modo a se atingir a tão desejada e esperada **“Gestão Integrada dos Recursos Hídricos em Cabo Verde”**.

Julgamos poder afirmar que se assiste neste momento, em Cabo Verde, a uma necessidade de controlar os usos e os costumes da água e, ao mesmo tempo, a uma consciência colectiva da necessidade de gerir, com determinação, as utilizações da água, quer sob o ponto de vista quantitativo quer sob o ponto de vista qualitativo, tendo em vista um desenvolvimento sustentável por todos desejável!

Uma recomendação especial à gestão integrada dos recursos hídricos (água subterrânea, água superficial, água dessalinizada e água residual), à preservação da qualidade de água e à protecção das origens dos pontos de água para consumo humano.

## Referências Bibliográficas

- ADEPELUMI, A. A., AKO B. D. and AJAYI T. R., 1977. Groundwater Contamination in the basement – Comptar of Ile-Ife, southwestern Nigéria: A cause study using the electrical – resistivity geophysical method, Hydrogeology Journal, volumen 5, number 2.
- ALLEN, Alistair and CHAPMAN Debarah, 2001. Impact of afforestation on groundwater resources and quality. Hydrogeology Journal, volumen 9, number 4.
- ALMAGRO, L. CUSTODIO, E. 2004. Caracterización hidrogeoquímica de las aguas subterráneas de la Formación Chuy, en la franja costera del Este del Uruguay, frontera com Brazil, Boletín Geológico y Minero, Madrid volumen 115, Número Especial.

- BEJARANO, C. , CABRERA M. C. , CANDELA y De PAZ, J. M. 2003. Elaboración de um mapa de lixiviación de nitratos mediante una metodologia de acople SIG– modelo de simulación. Aplicación al acuífero de la Aldea (Gran Canaria) Boletín Geológico y Minero, Madrid volumen 114 Abril– Junio.
- BÖHLKE, John–Karl– 2002. Groundwater recharge agriculture contamination. Hydrogeology Journal, volumen 10, number 1.
- BOLITIM OFICIAL da República de Cabo Verde, nº 6, Série I– Decreto–Lei nº 8/2004, de 23 de Fevereiro, do Conselho de Ministros Fevereiro.
- BOUWER, Herman 2002. Artificial recharge of groundwater: hydrogeology and engineering volumen 10, number 1.
- CHEN, Honghan, ZHANG Yongxang, WANG Xinmin, REN Zhengyu and LiLi 1991– Water Intrusion in the Lower Reaches of the Weine River, Shandong Province, China. Hydrogeology Journal, volumen 5, number 1.
- CUSTODIO, E. y LLAMAS, R. 1975. Hidrologia subterrânea. Ediciones Orega, Barcelona
- CRUZ, J. V., FRANÇA, Z. M. 1994. Groundwater composition of perched–water bodies at Azores volcanic islands.
- CRUZ, J. V. & FRANÇA, Z. T. 1996. Mineral and thermal waters in the Azores archipelago (Portugal): geological setting and hydrogeochemical outline.
- CRUZ, J. Virgílio, COUTINHO, Rui M., CARVALHO, M. Rosário, OSKARSSON Niels, e GISLASON Sigurdur R. 1999. Chemistry of waters from Furnas volcano, São Miguel, Azores : fluxes of volcanic carbon dioxide and leached material.
- CRUZ, J. V., SILVA, M. O. 2000. Groundwater salinization in Pico Island (Azores, Portugal) : Origin and mechanisms.
- CRUZ, J. V., AMARAL, y FIGUEREDO, J. 2003. Agua subterrânea no maciço Nordeste (Arquipélago dos Açores, Portugal); Composição química e processos mineralizadores. Boletín Geológico y Minero, Madrid volumen 113, Número Especial.
- FRYAR, Allan E, MULLICAN III William F. and MACKO Stephen A. 2001. Groundwater recharge and chemical evolution in the Southern High Plains Texas, USA. Hydrogeology Journal, volumen 9, number 6.
- GEORGE Richard, McFARCAML Don and NULSEN Bob, 1997. Salinity threatens the viability of agriculture and ecosystems in Western Australia. Hydrogeology Journal, volumen 5, number 1.
- GOMES, Alberto da Mota. 2005. Qualidade de Água Subterrânea na Ilha de Santiago.
- GOMES, Alberto da Mota *et al.* 2004. A Problemática da Intrusão Salina na Ilha de Santiago
- GOMES, Alberto da Mota *et al.* 2004. As Principais Unidades Hidrogeológicas da Ilha de Santiago.
- GÓMES, J. A. Mejia y MINERO R. Sandoval. 2004. Uso del agua subterrânea en la región acuífera Irapuato– Valle de Santiago (México) y su impacto sobre el sistema hidrogeológico. Boletín Geológico y Minero, Madrid volumen 115, Número Especial.
- HEITOR, A. M. e PINA, A. P. 2003. Águas Subterrâneas em Cabo Verde– Qualidade de Água na Ilha de Santiago: Trabalho apresentado no VI Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa.

HERERA, C. PINCHEIRA, M. CUSTODIO, E. ARAGUÁS, L. y VELASCO, G. 2004. El contenido en trítio de las aguas subterráneas de las Isla de Pascua, Chile, como una herramienta para calcular la recarga al acuífero volcánico. Boletín Geológico y Minero, Madrid volumen 115, Número Especial.

LLAMAS, M. R. y CUSTODIO, E. 2000. Acuíferos explotados intensamente: conceptos principales, hechos relevantes y algunas sugerencias. Boletín Geológico y Minero, Madrid volumen 113, Julio – Septiembre, Número 3.

ORDEN, J. A. de la, LÓPEZ– GETA, J. A. y MURILLO, J. M. 2003. Experiencias de recarga artificial de acuíferos realizados por el IGM en acuíferos detríticos. Boletín Geológico y Minero, Madrid volumen 114, Abril–Junio, Número 2.

PACHECO, A. J. and CABRERA, S. Armando, 1997. Groundwater Contamination by nitrates in the Yucatan Peninsula, México: Hydrogeology Journal, volumen 5, number 2.

PINA, A. P. 2004. Qualidade de Água, Praia.

PINA, A. P. 2005. Qualidade de Água para o Consumo Humano.

SANFORD, Ward. 2002. Recharge and Groundwater models: an overview. Hydrogeology Journal, volumen 10, number 1.

STEINICA, Birgit. ESCOLERO, Oscar. and MARTIN Luís, E. 2002. Salt–Intrusion and nitrate contamination in the valley of Hermosillo and El Sahural coastal aquifers, Sonora, México. Hydrogeology Journal, volumen 10, number 1.

TING, Cheh–Shyh, KERH Tienfuan and LIAO, Chiu– Jung. 2002. Hydrogeology Journal, volumen 10, number 2.

**8.**

## **HIDROLOGIA SUPERFICIAL**





## **8.1. INVENTÁRIO DE ZONAS FAVORÁVEIS PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS NA ILHA DE SANTIAGO**

A República de Cabo Verde há já largos anos que vem procurando parceria no sentido de implementar a execução de barragens, tendo sido apoiada pela Holanda, E.U.– USAID e Portugal no inventário e estudos de base das zonas favoráveis à captação de águas superficiais e construção de barragens (Projecto TR/012/001), acompanhado bem de perto por uma equipa de técnicos cabo-verdianos, da qual tivemos o privilégio de fazer parte.

A metodologia seguida consistiu, essencialmente, na pesquisa e consulta de documentação variada e disponível nos diversos Departamentos intervenientes no estudo e posterior reconhecimento preliminar dos locais pré-seleccionados.

Fizemos parte da Missão Geológica de Cabo Verde, coordenada pelo geólogo português António Serralheiro, que fez o levantamento geológico da ilha de Santiago, o que lhe permitiu publicar a Carta Geológica, na escala 1:25/000, e a respectiva Notícia Explicativa, publicada em 1976. Este trabalho foi o suporte indispensável dos trabalhos de hidrogeologia executados pela Brigada de Águas Subterrâneas de Cabo Verde, sob a coordenação da empresa francesa BURGÉAP, de Setembro de 1971 a Dezembro de 1973. Deve-se salientar que após a Independência Nacional, em 1975, as Nações Unidas responderam positivamente à solicitação feita pelo Governo cabo-verdiano que elegera a problemática de águas subterrâneas como prioridade das prioridades (PNUD/DCTD/CVI/87/001 e Projecto DP/UN/CVI-75-001/1 sob a coordenação de Denis Fernandopullé).

Dos estudos realizados pela cooperação portuguesa foi possível identificar cerca de 23 locais propícios.

A localização das zonas favoráveis à construção de reservatórios de armazenamento de águas superficiais teve em atenção alguns factores importantes, tais como, a topografia e a geologia locais, características da bacia hidrográfica, escoamento estimado e possibilidades de irrigação ou abastecimento doméstico e facilidades de acesso. Todavia, pensou-se ser de maior importância a interligação da barragem e do futuro aproveitamento hidroagrícola, assim como o aproveitamento das estruturas de distribuição da água e respectivas organizações existentes ao longo dos principais vales com regadios tradicionais.

Da visita aos locais, em alguns deles constatou-se a existência de obras já construídas com grande interesse na regularização dos caudais de cheia, assim como estruturas para o aproveitamento em galeria de pequenos caudais nos períodos secos. Assim, na localização das barragens a construir, deverá procurar-se identificar e aproveitar quantitativamente todas as estruturas já construídas, de forma a minimizar os custos em obras de retenção e conservação dos solos que

são arrastados, aquando das precipitações em regime torrencial, que provocam o assoreamento das linhas de água e a erosão dos solos.

Dos locais inventariados pela Missão Portuguesa, 17 estão localizados no Complexo Eruptivo do Pico da Antónia, componente subárea (PA), 2 no Complexo Eruptivo Interno Antigo (CA), 2 na Formação dos Flamengos ( $\lambda\rho$ ), 1 na Formação da Assomada (A) e 1 na Formação dos Órgãos (CB).

Em todos os locais existem aluviões, cujas larguras vão de poucos a dezenas de metros e cujas espessuras podem atingir um metro ou exceder a dezena de metros, o que se poderá comprovar através de sondagens dos poços espalhados pela ilha de Santiago.

As aluviões apresentam, de um modo geral, permeabilidade relativamente elevada, tal como os mantos basálticos submarinos do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia (PA).

De assinalar que em muitos locais as formações eruptivas interessadas poderão apresentar permeabilidades elevadas, o que poderá implicar a execução de obras de impermeabilização do maciço de fundação.

A pressão exercida sobre a exploração da água subterrânea, a irregularidade das precipitações bem evidente desde meados de 1968 e a constatação do volume da água das chuvas que escoam para o mar sempre que ocorre boas precipitações, seguido bem de perto pelo abaixamento de níveis de água nas partes média e alta da ilha, assim como indícios de intrusão salina nalgumas zonas costeiras, leva-nos a sugerir de que é chegado o momento da República de Cabo Verde enveredar, decisivamente, para a chamada “Gestão Integrada dos Recursos Hídricos”, isto é, continuar com a exploração controlada de águas subterrâneas mas, simultaneamente, aproveitar também as águas superficiais através de barragens. É nesta perspectiva que deve ser enquadrada a barragem de Poilão na Ribeira Seca, que foi inaugurada em Dezembro de 2005.

À semelhança do que se verifica no Concelho da Praia, em que a capital do País vem sendo abastecida, essencialmente, por água dessalinizada, também no Concelho de Santa Cruz se torna aconselhável o recurso à utilização da água dessalinizada para o abastecimento às populações, revertendo a água de furos para a irrigação. É nosso entendimento que também os outros concelhos deveriam pensar nessa sugestão aconselhada para o Concelho de Santa Cruz.

Assim, sugerimos a construção de barragens nas seguintes ribeiras e concelhos:

- i. Ribeira Seca, Poilão, no Concelho dos Órgãos, implantada na Formação conglomerático-Brechóide ou Formação dos Órgãos, Miocénico.
- ii. Ribeira Grande, no Concelho do Tarrafal, implantada no Complexo Eruptivo do Pico da Antónia, componente subárea (PA), Mio/Pliocénico.

- iii. Ribeira Principal, no Concelho de S. Miguel, implantada no Complexo Eruptivo do Pico da Antónia, componente subárea (PA), Mio/Pliocénico.
- iv. Ribeira dos Engenhos, no Concelho de Santa Catarina, implantada na Formação da Assomada (A), Pliocénico, ou no Complexo Eruptivo Interno Antigo (CA)–Ante–Miocénico.
- v. Ribeira de Achada Baleia, no Concelho de S. Domingos, implantada no Complexo Eruptivo do Pico da Antónia, componente subárea (PA), Mio–Pliocénico, ou na Formação dos Flamengos, ( $\lambda\rho$ ), Miocénico.
- vi. Ribeira de S. Martinho Grande ou Ribeira de S. Martinho Pequeno, no Concelho da Praia, ambas implantadas no Complexo Eruptivo do Pico da Antónia, componente subárea (PA), Mio/Pliocénico.

## **8.2. A BARRAGEM DE POILÃO**

### **8.2.1. Acções prévias concernentes à construção da Barragem**

Para a implementação da Barragem de Poilão, localizada na Ribeira Seca do Concelho São Lourenço dos Órgãos, foram realizadas as seguintes acções:

- i. Estudo do corpo da barragem ou dique que vai suportar a pressão e o peso da água da albufeira. Distância do dique ao ponto mais afastado da albufeira.

A Geologia e a Geomorfologia forneceram os dados de base indispensáveis, uma vez que a Cartografia Geológica na escala 1:25/000, folha 55, assinala localmente os afloramentos do CB (Formação dos Órgãos) uma das formações mais antigas da Sequência Vulcano – Estratigráfica e que integra a chamada UNIDADE DE BASE DAS UNIDADES HIDDROGEOLÓGICAS da ilha de Santiago. A morfologia do local apresenta um estrangulamento muito apertado da área (Fig. 8.2.1.1) o que abona a favor da escolha do local.

A Notícia Explicativa que acompanha a Carta Geológica, de António Serralheiro, assim como as “Grandes Unidades Geomorfológicas” da Ilha de Santiago, de M. M. Marques, apoiaram os trabalhos de campo realizados nos domínios de Geologia, Geomorfologia e de Hidrogeologia/Hidrologia Superficial.

- ii. Estudo da geologia local, atendendo fundamentalmente à permeabilidade dos terrenos que irão limitar o armazenamento da água.

Os trabalhos de campo confirmam a presença de afloramentos da Formação dos Órgãos (CB), que é constituída por depósitos conglomerático – brechóides, terrestres, de idade Miocénica, e que apresenta uma compacidade que foi identificada como um obstáculo à circulação da água no seu seio (característica geral da Unidade de Base).

iii. Estudo da Bacia Hidrográfica cujas águas alimentam a albufeira – PA (Sub – aéreo) /CB.

O ponto mais alto da ilha de Santiago, Pico da Antónia, com 1392 metros, também o ponto mais remoto, é donde parte a Ribeira Seca, cujo percurso passa pelo local chamado POILÃO, aonde se implantou a barragem.

O Complexo Eruptivo do Pico da Antónia (PA), de idade Mio – Pliocénica, é a formação geológica cuja componente sub – aérea constituída por mantos basálticos subaéreos e material piroclástico associado, ocupa a parte superior da Bacia Hidrográfica até ao contacto com a formação Conglomerático – Bréchóide (CB), na qual se instalou a barragem.

(Fig. 8.2.1.1)

Considera-se acertada, geológica e hidrogeologicamente, a instalação da Barragem de Poilão no local identificado, assim como também por razões hidrológicas, uma vez que é uma das bacias hidrográficas de maior potencial hídrico superficial do Arquipélago (Sabino, 1997).

É de salientar a necessidade de se continuar a programar e a executar obras de correcção torrencial – açudes e de reflorestação a montante e de defesa das encostas marginais com incidência nas zonas envolventes da futura barragem.



Fig. 8.2.1.1 Futura Barragem do Poilão – Formação dos Órgãos (CB)

Fonte: A. Mota Gomes e A. F. Lobo de Pina, 2004

### 8.2.2. Barragem de Poilão

A barragem de Poilão situa-se na bacia hidrográfica da Ribeira Seca, na parte central da ilha de Santiago, a cerca de 30 km da Cidade da Praia, a 15° 04' 28" de latitude Norte e a 23° 33' 52" de longitude Oeste.

O projecto de construção da Barragem de Poilão deve-se à Cooperação Económica assinada entre os Governos da República da China e da República de Cabo Verde, pelo que uma equipa de especialistas de conservação de água, efectuou duas visitas a Cabo Verde, sendo a primeira de 3 a 16 de Setembro de 2001 e, a segunda, de 29 de Setembro a 6 de Novembro de 2002.

Após estas duas visitas foram estudadas as condições geológicas do local, tendo-se decidido pela construção da Barragem na zona de Poilão, o que levou à elaboração do projecto do local. Na sequência do acordo de cooperação assinado, foi marcada a data de Outubro de 2004 para início da construção da barragem.

A evolução da construção da citada barragem pode ser demonstrada através das fotografias 8.2.2.1 a 8.2.2.8.



foto. 8.2.2.1. 08-08-2005 Início dos trabalhos

Fonte: Bila Santos e Celestino Afonso





**foto. 8.2.2.2. 05-11-2005 Cerca de três meses após o início dos trabalhos**  
**Fonte: Bila Santos e Celestino Afonso**



**foto. 8.2.2.3. 18-12-2005 Cerca de quatro meses após o início dos trabalhos**  
**Fonte: Bila Santos e Celestino Afonso**



**foto. 8.2.2.4. 12-02-2006 Cerca de seis meses após o início dos trabalhos**  
**Fonte: Bila Santos e Celestino Afonso**



**foto. 8.2.2.5. 27-02-2006 Cerca de seis meses após o início dos trabalhos**  
**Fonte: Bila Santos e Celestino Afonso**



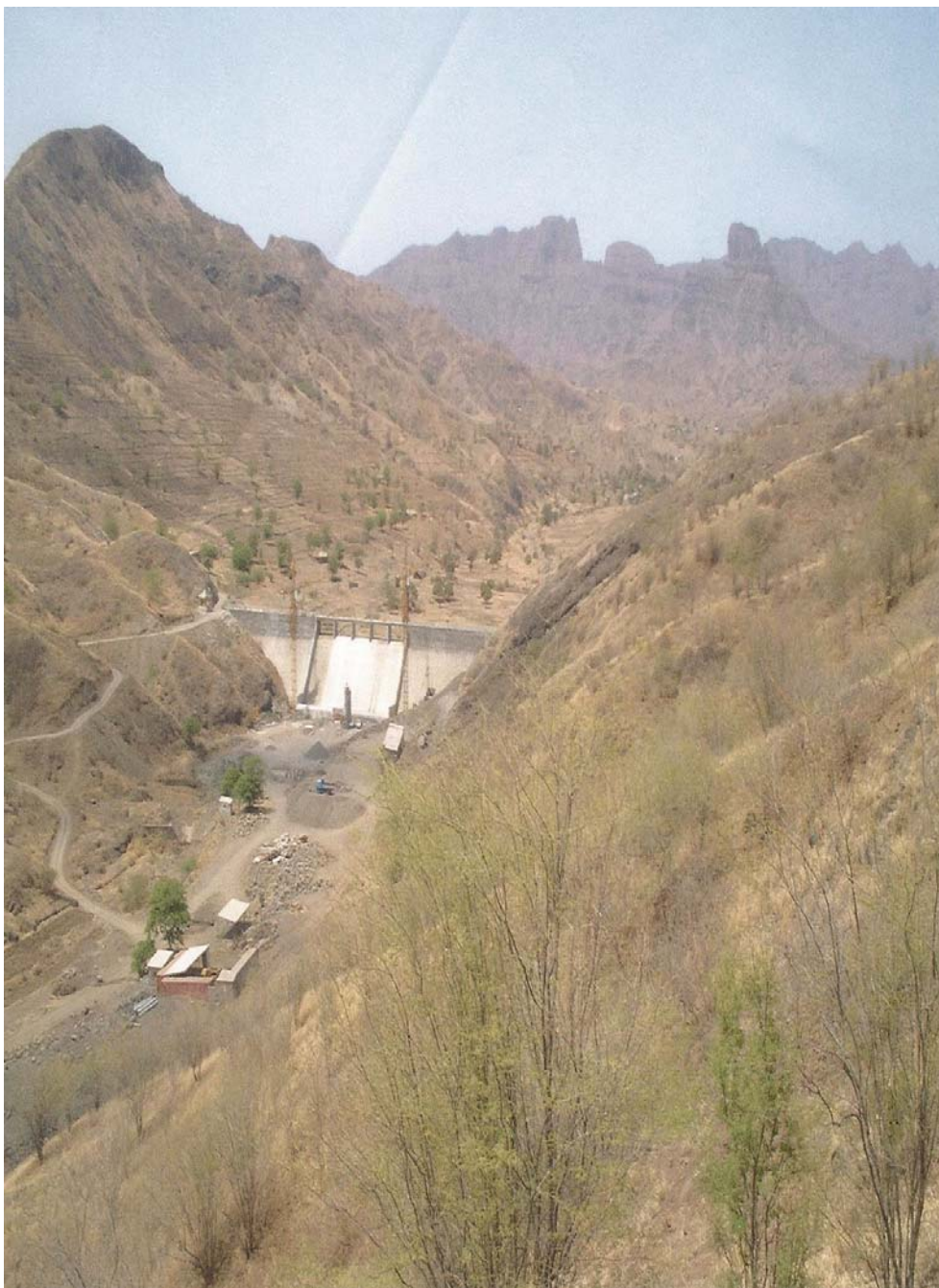


**foto. 8.2.2.6. 15-04-2006 (a montante) Cerca de oito meses após o início dos trabalhos**  
**Fonte: Bila Santos e Celestino Afonso**



**foto. 8.2.2.7. 15-04-2006 (a jusante) Cerca de oito meses após o início dos trabalhos**  
**Fonte: Bila Santos e Celestino Afonso**





**foto. 8.2.2.8. 15-04-2006 Cerca de oito meses após o início dos trabalhos**

**Fonte: Bila Santos e Celestino Afonso**



foto. 8.2.2.9. 01-08-2006

Fonte: Bila Santos e Celestino Afonso



foto. 8.2.2.10. Fonte: Bila Santos e Celestino Afonso





foto. 8.2.2.11. 12-09-2002

Fonte: Bila Santos e Celestino Afonso

Estudos levaram à conclusão de que são mínimos os impactos ambientais resultantes da construção da barragem.

Todavia, da construção da barragem poderão ocorrer situações nefastas sobre o ambiente do local da construção através de poluição proveniente dos resíduos dos gases, águas residuais e barulhos. Porém, tais ocorrências devem ser minimizadas, desde que medidas adequadas sejam tomadas a tempo.

Quanto ao impacto económico poderá dizer-se que após a conclusão da barragem, a economia e condições sociais, ambientais e locais melhorarão, com o melhoramento dos benefícios agrícolas locais.

As principais características da barragem constam das Tabelas 8.2.2.1. (Relatório do Plano de irrigação do Poilão, Santiago, Cabo Verde, 2004)

tab. 8.2.2.1. As principais características da alternativa recomendada (alternativa 118 metros)

n.º	descrição dos itens	unidade	quantidade	observações
1.	hidrologia e meteorologia			
1.1.	área de recepção da água das chuvas a montante	km <sup>2</sup>	28	
1.2.	média de escoamento superficial anual	mm <sup>3</sup>	1,90	
1.3.	evaporação média anual	mm	1764	
1.4.	precipitação média	mm	337	
1.5.	sedimentação			
	Média anual de lodo em suspensão	T	26.600	
	Média anual de lodo depositado	T	8.000	
1.6.	meteorologia			
	temperatura média anual	°C	22,3	dados de estação meteorológica S. Jorge
	temperatura mínima anual	°C	10,0	14/02/1994
	temperatura máxima anual	°C	35,4	20/04/1987
2.	reservatório			
2.1.	característica do nível de água			
	nível normal de água	m	118	
	nível limite das cheias durante as estações chuvosas	m	118	
	nível mínimo de água para funcionamento da barragem	m	108	
2.2.	capacidade de armazenamento do reservatório			
	capacidade máxima de armazenamento	mm <sup>3</sup>	1,70	
	capacidade de armazenamento abaixo do nível normal	mm <sup>3</sup>	1,20	
	regulação de capacidade de armazenamento	m <sup>3</sup>	1	
3.	descarga e nível de água a jusante da barragem			
3.1.	nível de água correspondente a jusante	m	100,90	
3.2.	nível de água correspondente a jusante	m	99,60	
4.	benefícios de irrigação			
	área prevista de irrigação	Ha	63	
	abastecimento anual de água	m <sup>3</sup>	671.000	
	grau de confiança de previsão			
5.	perdas com a inundação e aquisição de terrenos para o projecto			
5.1.	inundação			
	distância atingida pela água a montante	m	1145	
	área inundada	Ha	17,6	P=5%
	distância atingida pela água a montante	m	1235	
5.2.	aquisição do terreno para o projecto	Ha	2	

Fonte: Relatório do Plano da área de irrigação – Barragem do Poilão Santiago de Cabo Verde

tab. 8.2.2.1. (continuação) As principais características da alternativa recomendada (alternativa 118 metros)

n.º	descrição dos itens	unidade	quantidade	observações
6.	estruturas principais			
6.1.	barragem			base de pedra
	comprimento total da parte superior da barragem para o descarregador	m	153.0	
	altura do descarregador	m	118,00	
	comprimento do descarregador	m	46,20	
	altura máxima da barragem	m	26.00	
6.2.	tubo de distribuição			tubos de aço
	comprimento	m	12	
	diâmetro	mm	500	
	altura da toma de água central a montante	m	108.00	
	altura da toma de água central a jusante		107.88	
6.3.	tubo de escoamento na base			tubos de aço
	comprimento	m	20	
	diâmetro	mm	500	
	altura na parte central da toma de água a montante	m	100.60	
6.4.	cabine memorial da barragem	m²	30	
7.	construção			
7.1.	quantidade das principais estruturas			
	escavação do terreno	m³	8972	
	escavação de rochas	m³	13190	
	gravilhas	m³	23490	
	betão armado	m³	4915	
	ferro	t	56.0	
7.2.	principais materiais de construção			
	barra de aço	t	76	
	madeira	m³	53	
	cimento	t	3630	
	trabalhadores no período + alto de construção (mão de obra)	pessoas	243	
7.4.	construção de uma habitação temporária	m²	872	
7.5.	energia eléctrica			
	gerador eléctrico	afixado	2	85kw cada
7.6.	período total de construção	meses	9	

Fonte: Relatório do Plano da área de irrigação – Barragem do Poilão Santiago de Cabo Verde

### **8.2.3. Utilização da Água da Barragem**

De acordo com o documento intitulado “Planning Report of Poilão Reservoir irrigation area, Santiago Cape Vert – Chinese Agricultural Experts Group in June, 2004”, para a melhor utilização da água da barragem para o desenvolvimento de agricultura, o Governo de Cabo Verde e o da China acharam pertinente e necessário a elaboração de um Plano de Irrigação a jusante da barragem.

### **8.2.4. Objectivo Principal do Plano**

É objectivo principal deste plano ter um sistema agrícola moderno de frutícolas, hortícolas e, ainda, a criação de gado virada para uma pecuária moderna, no sentido de se criar uma boa unidade de produção com a finalidade de gerar riquezas, produtos agrícolas de qualidade para abastecer o mercado. Assim, o Plano de Rega prevê a instalação de um sistema de tubagem na zona de intervenção, com o objectivo de diminuir as perdas no sistema de distribuição, com vantagens nos custos, deste sistema, na poupança de energia e na obtenção dos benefícios.

A arquitectura do sistema de tubagem assemelha-se a uma árvore (fig. 8.2.4.1.), em que o ramal principal é constituído por uma tubagem de 500 mm de diâmetro, que sai da barragem para a zona denominada “Poilão”. O comprimento total é de aproximadamente 500 metros. As principais ramificações são constituídas por tubagem de 350 mm, de diâmetro, que têm duas vias ao longo das margens da Ribeira Seca. O comprimento total da tubagem, do ramo principal da margem esquerda, é cerca de 5.200 metros e, a outra da margem direita, cerca de 3.750 metros. Os pequenos ramais são constituídos por tubagem de 100 mm, de diâmetro, que se estendem ao longo das diferentes direcções, com a finalidade de cobrir toda a área planificada. Os tubos serão de alta pressão, em plástico ou em ferro.

Pensamos que com a implementação do referido plano, as tecnologias agrícolas locais serão elevadas a um nível bem alto, tornando possível aumentar o rendimento dos agricultores.





## **Benefícios esperados**

Os benefícios esperados por este empreendimento, na parte jusante da Ribeira Seca, são os seguintes:

- > Aumento da disponibilidade de água.
- > Expansão da área irrigada.
- > Melhoria do sistema de rega.
- > Maior produtividade agrícola.
- > Maior disponibilidade de recursos alimentares na ilha.
- > Diminuição da incidência da pobreza nos Concelho de Santa Cruz e dos Órgãos.
- > Maior actividade comercial entre Santa Cruz e os outros concelhos da ilha, particularmente com a Cidade da Praia.
- > Criação de um espaço de interesse ecológico e turístico.
- > Incidência na flora e fauna local, nomeadamente, avifauna de zonas húmidas.
- > Alteração dos ecossistemas a jusante da Barragem.

## **Referências Bibliográficas**

- COOPERAÇÃO PORTUGUESA – PROJECTO TR/012/001 Inventario e estudos de base das zonas favoráveis a captação das águas da superfície e construção de barragens, 1991.
- FERNANDOPULLET – Aperçu sur les ressources en eau et les possibilités d'aménagement hydrauliques, îles du Cap Vert, 1977.
- JUNTA DOS RECURSOS HIDRICOS – PNUD/DCTD/CVI/87/001, Primeiro inventário das captações das águas superficiais existentes e em estudos, Praia 1990.
- LEMOINE, J. M. – Inventaire des points d'eau et des barrages, 1976
- MOREIRA, Cesário Ramos – Geologia Económica da Concelho de Santa Cruz, Praia 2005.
- SABINO, António Advino – Bacia hidrográfica (Revista Há mar Há Terra, Abril/Maio, 1994)
- SABINO, António Advino – A evolução das precipitações médias, Recursos Hídricos (Períodos de 1955, 1957), áreas regadas e potencialmente irrigáveis nas principais bacias hidrográficas da Ilha de Santiago, Praia 1997
- SABINO, António Advino – Projecto de construção de diques de recargas e de conservação do leito principal da sub-bacia hidrográfica da Ribeira Seca, Praia 1997.
- SABINO, António Advino – Propostas de planos de acção para bacias hidrográficas da Ilha de Santiago, Praia 1997.
- SABINO, António Advino – Locais inventariados para implantação de barragens de acordo com varias propostas de especialistas, Praia 1997.
- SABINO, António Advino – Locais inventariados para implantação de barragens de acordo com as propostas de especialistas que integraram a missão Portuguesa de Reconhecimento em 1989, Praia 1997.



**9.**

## **O USO DA GEOFÍSICA EM HIDROGEOLOGIA**

### **O MÉTODO VLF**



## 9.1. INTRODUÇÃO

Foi realizado um conjunto de estudos geofísicos nos concelhos de Santa Cruz e de São Domingos (Figura 9.1.1) na Ilha de Santiago, Cabo Verde, durante os anos de 2004 e 2005 (Junho de 2004 a Junho de 2005) com o objectivo de testar a viabilidade de utilização de três métodos electromagnéticos de prospecção geofísica: os métodos Magneto–Telúrico (MT), Transiente Electro Magnético (TDEM) e VLF (Very Low Frequency), bem como, investigar a complexa questão do avanço da interface água doce – água salgada.



fig. 9.1.1. Adquirindo dados de TDEM na Ribeira de S. Domingos

Foram efectuadas nove sondagens MT, oitenta sondagens TDEM e dezasseis perfis aplicando o método VLF. Os dados de Magneto–Telúrica foram invertidos usando-se a aproximação 2–D. As sondagens TDEM foram interpretadas com base em modelos 1–D. Os dados de VLF foram processados com aplicação de filtros de

Karous–Hjelt, tendo–se procedido à inversão 2–D de alguns dos perfis VLF, tendo por base os modelos TDEM.

Os resultados mostram que, transversalmente, as zonas das ribeiras apresentam uma grande uniformidade de resistividade, destacando–se por vezes zonas de condutividade eléctrica mais elevada que podem corresponder a zonas com maior conteúdo em água salgada e/ou argila. Os resultados mostram que todas as ribeiras investigadas sofrem de problemas de intrusão salina, embora com características diferentes. Em qualquer dos casos estudados foi possível determinar a posição da interface água doce – água salgada.

Os modelos obtidos das sondagens Magneto–Telúricas e TDEM mostram que a parte mais profunda nas zonas das ribeiras são zonas com grande fracturação e extremamente vulneráveis à penetração da água do mar.

Os resultados obtidos permitiram a elaboração de um conjunto de recomendações no sentido de uma melhor protecção dos aquíferos.

Os resultados obtidos neste trabalho, ampliam os resultados parciais de estudos geofísicos anteriores na zona do Tarrafal (ilha de Santiago) realizados usando a resistividade e o método VLF–R, pela Universidade de Lund (Dahlin et al., 1986) no âmbito de um projecto bilateral entre a Universidade de Ciências e Tecnologia de Lund (Suécia) e o Instituto Nacional de Investigação Tecnológica de Cabo Verde. Os objectivos principais destes trabalhos foram a investigação da aplicabilidade da resistividade e do método VLF–R, assim como comparar os resultados de ambos os métodos.

## **9.2. AQUISIÇÃO DE DADOS**

### **O método VLF (Very Low Frequency)**

O método VLF é um método electromagnético para a prospecção de estruturas superficiais (100 m no máximo) que tem a vantagem de os seus dados serem recolhidos rapidamente tornando–se, por isso, relativamente económico. Tem, contudo, algumas desvantagens sendo o principal o facto da interpretação quantitativa dos dados ser bastante difícil.

O método VLF utiliza como fonte o conjunto de emissores usados para comunicações na banda de frequências (10–30 kHz). A energia emitida por estas fontes, devido à baixa frequência, não é atenuada, viajando a grandes distâncias (basicamente, mas não apenas, por reflexão na superfície terrestre e na camada ionizada da atmosfera). No local de observação, a grande distância da fonte, a

onda será uma onda plana com a componente horizontal do campo eléctrico  $E$  na direcção da linha que une o receptor e o emissor (Figura 9.2.1). O campo magnético  $H$  será, por seu lado, perpendicular ao campo  $E$ . A componente vertical do campo eléctrico não é considerada neste método. Para a gama de frequências utilizadas e para locais longe da fonte, as componentes do campo magnético originado pela fonte estão relacionadas linearmente:

$$H_z = A H_x + B H_y$$

As funções  $A$  e  $B$  são designadas por “tipper” e dependem apenas da estrutura eléctrica (isto é, da distribuição da condutividade eléctrica) do terreno no local de observação. A componente vertical do campo magnético ( $H_z$ ) é gerada pelos contrastes de resistividade eléctrica existentes no terreno na zona das observações. Se não houver variações daquela propriedade, não haverá componente vertical do campo magnético.

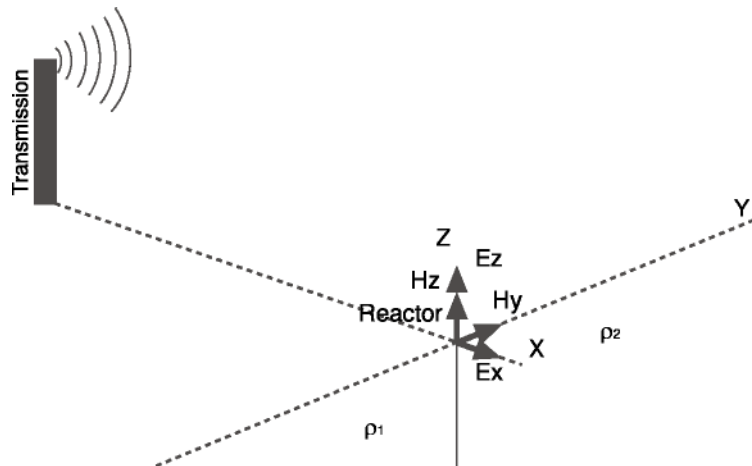


fig. 9.2.1. Esquema simplificado da aquisição de dados VLF, mostrando a relação entre as componentes do campo electromagnético

Na prática a maioria dos equipamentos de VLF medem apenas a componente vertical e uma componente horizontal do campo magnético. Se a direcção  $X$  for a direcção principal das estruturas geológicas a investigar (designado geralmente por “strike”) e coincidir aproximadamente com a linha que une o transmissor ao local de observação e  $Y$  for a direcção em que se realiza o perfil de medições (fig. 9.2.1.), define-se um “tipper” escalar:

$$H_z = B_s H_y$$

O “tipper” é uma grandeza complexa (no sentido matemático), isto é, possui uma parte real e uma parte imaginária devido ao facto das componentes horizontal e vertical do campo  $H$  estarem desfasadas. Isto deve-se aos fenómenos de indução. De facto o campo primário, originado pela fonte, induz um campo electromagnético no meio condutor (se este existir) que por sua vez dá origem a um campo secundário

que é observado, em conjunto com o primário. Assim, as componentes horizontais de  $H$  que são medidas, são o resultado da sobreposição dos campos primário e secundário, mas a componente vertical é inteiramente de origem secundária. Se não houver contrastes de condutividade eléctrica não haverá componente vertical e o “tipper” será nulo. É esta dependência do “tipper” relativamente aos contrastes de resistividade eléctrica que torna o método VLF num poderoso meio de prospecção de águas, principalmente em zonas fracturadas.

A interpretação dos dados de VLF é feita, geralmente, com recurso à aplicação de filtros. Os mais utilizados são os filtros de Fraser e os filtros de Karous e Hjelt, que permitem gerar distribuições equivalentes de densidade de corrente. As pseudo-seções assim calculadas podem então ser interpretadas em termos geológicos ou hidrogeológicos.

### **9.3. DADOS E INTERPRETAÇÃO VLF**

O método VLF – EM (Banda de Frequência Muito Baixa, 10 – 30 kHz) é um instrumento de exploração rápida das estruturas superficiais. É um método muito desejado para uma rápida observação preliminar dado ser um instrumento de simples manuseamento, rápido na observação da área e de baixos custos. As fontes para a medição VLF são transmissores fixos usados para comunicar, que representam dipolos-eléctricos verticais.

Os sinais de rádio (na gama de frequências 3–30 kHz) são transmitidos, principalmente, como ondas guiadas entre a superfície da terra e a ionosfera condutora. Em pontos distantes da fonte, a onda pode ser considerada plana com o campo eléctrico quase vertical e o campo magnético horizontal.

Segundo a teoria electromagnética, os corpos condutores na sub-superfície tornam-se fontes de um campo secundário, que é mudado na sua fase relativamente ao primário. O método VLF detecta os campos primários e secundário e separa o campo secundário em componentes in-fase (real) e quadratura (imaginário) levando em conta o período de tempo da fase do campo secundário. A resposta in-fase é sensível a corpos com baixa resistividade. Por outro lado, a resposta da quadratura é sensível à variação das propriedades eléctricas da terra.

O método VLF – EM já foi usado em muitas e vastas explorações geofísicas. Uma revisão dos fundamentos teóricos VLF, assim como as suas aplicações geológicas e hidrogeológicas podem ser encontradas em McNeill e Labson (1991).

Neste trabalho, o método VLF foi aplicado como uma investigação preliminar hidrogeológica em estruturas de pouca profundidade na Ilha de Santiago. Alguns resultados dos trabalhos de campo nas Ribeiras Seca, dos Picos e de Cumba são

aqui apresentados. A área examinada é uma das mais importantes zonas agrícolas da Ilha e mostra sinais evidentes de contaminação da água do mar.

Um total de 16 perfis VLF – EM foram realizados na região de Santa Cruz (Figura 9.3.1), com o objectivo de estudar a estrutura geoelectrica das zonas mais superficiais das ribeiras. O comprimento dos perfis é variável mas a distância entre medidas foi, geralmente, de 12 m.

O espaçamento entre a recolha de dados foi de 5 e 12 m. A recolha foi realizada durante o dia e cada perfil foi totalmente completado em duas horas para evitar as flutuações do campo magnético. Os dados foram recolhidos com a ajuda do sistema WADI e usando a frequência de 20,9 kHz. As excepções são os perfis com uma orientação Este–Oeste (linhas 500 e 501) e foram recolhidas usando a frequência de 23,9 kHz. Em ambos os casos foi garantida a localização perpendicular dos transmissores em cada perfil.

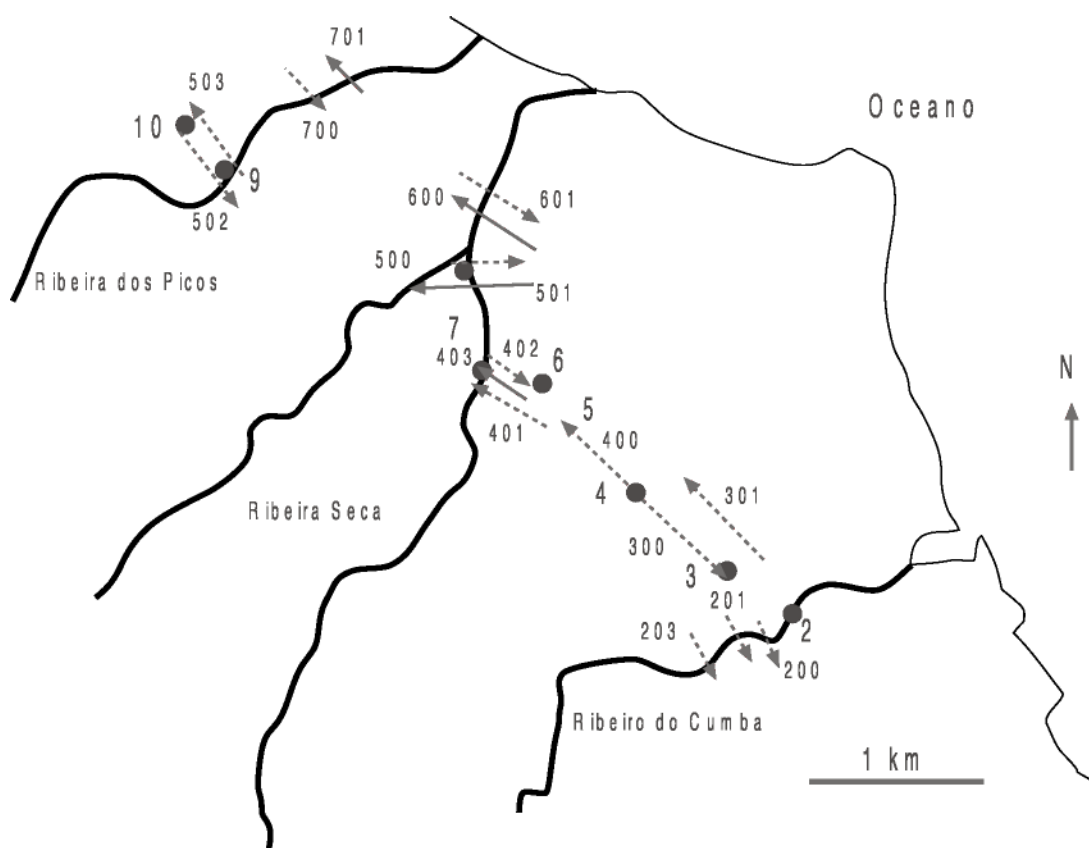


fig. 9.3.1. Localização das sondagens MT e dos perfis VLF realizados no Concelho de Santa Cruz. As setas indicam o sentido da realização dos perfis.

Apresentam-se algumas considerações sobre a interpretação de dados VLF–EM.

- i. Dados apresentando distintos picos de valores positivos e negativos indicam, geralmente, a presença de estruturas anómalas no subsolo. Os pontos em que os dados (parte real e imaginária) se anulam determinam a localização dos corpos anómalos.

- ii. Para estruturas simples, a profundidade destas pode ser estimada a partir da distância entre os máximos e mínimos da parte real dos dados. Este método pode, contudo, conduzir a resultados errados no caso de estruturas muito superficiais.
- iii. A parte imaginária dos dados é importante na avaliação da condutividade do condutor (valores mais elevados, em módulo, nesta componente representam bons condutores).
- iv. Quanto mais condutor for o meio ambiente, menor será a amplitude da parte real.

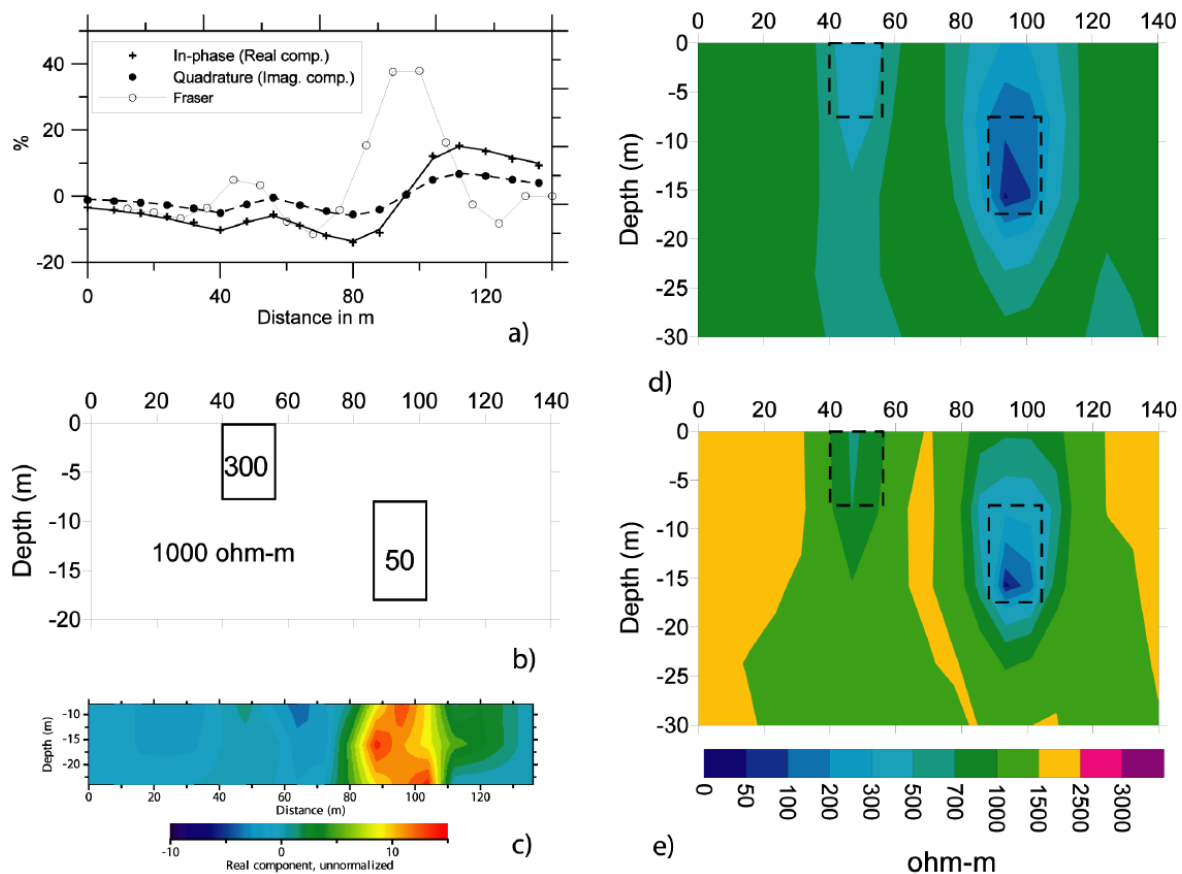


fig. 9.3.2.a. Exemplo de dados VLF, da sua filtragem Fraser e Karous-Hjelt e, ainda, resultados de duas inversões.

A interpretação quantitativa (inversão) de dados de VLF é possível, desde que haja informação sobre a resistividade média da parte superior da crosta. A Figura 9.3.2.a, mostra um exemplo sintético de inversão de dados de VLF. A figura compara, ainda, o resultado da aplicação dos filtros de Fraser e Karous-Hjelt com o resultado obtido por inversão. O resultado mostra que, claramente, a inversão é superior à aplicação da filtragem.



## RESULTADOS

### Estruturas Superficiais

As Figuras 9.3.2. b) e 9.3.2. c) mostram os resultados das componentes in-fase (parte real) obtidos por aplicação do filtro Karous – Hjelt (Karous e Hjelt, 1983), para três perfis (403, localizado a uma distância de cerca de 2 km da linha da costa; 501 e 600 situados a 1 km da linha da costa) realizados no vale de Ribeira Seca. Os valores mais elevados da densidade de corrente relativa correspondem a valores mais elevados de condutividade (Benson et al., 1997). Todos os perfis mostram valores elevados de densidade de corrente. No entanto, a magnitude das anomalias é mais elevada em perfis situados mais perto da linha da costa indicando a presença de estruturas mais condutoras.

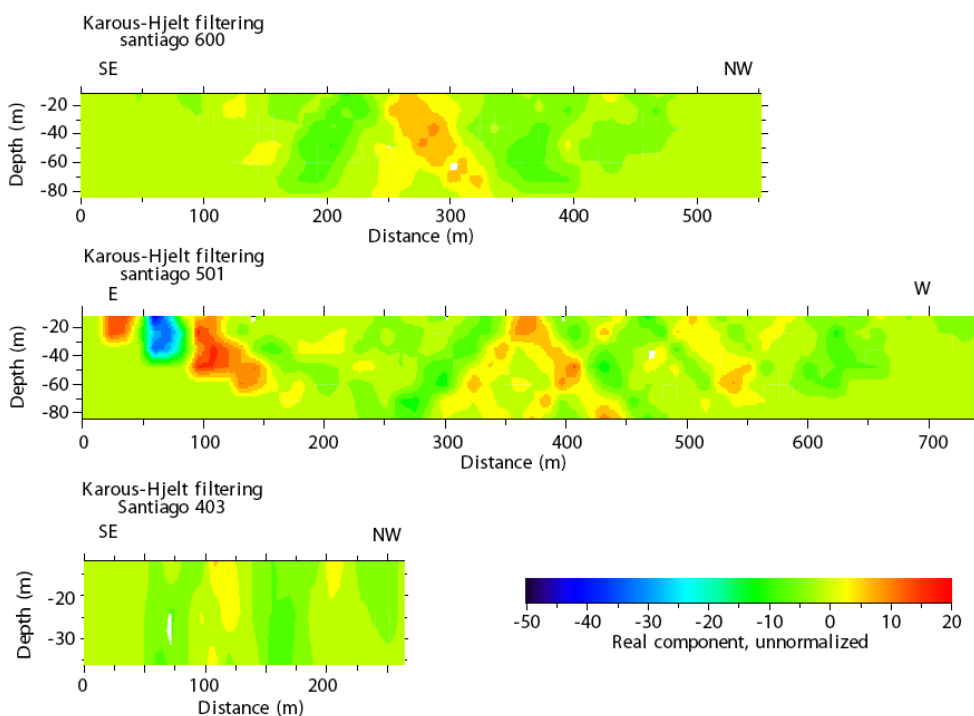


fig. 9.3.2.b. Pseudo-seções de densidade de corrente, obtidas pela aplicação de filtragem Karous-Hjelt.  
Perfis 600, 501 e 403

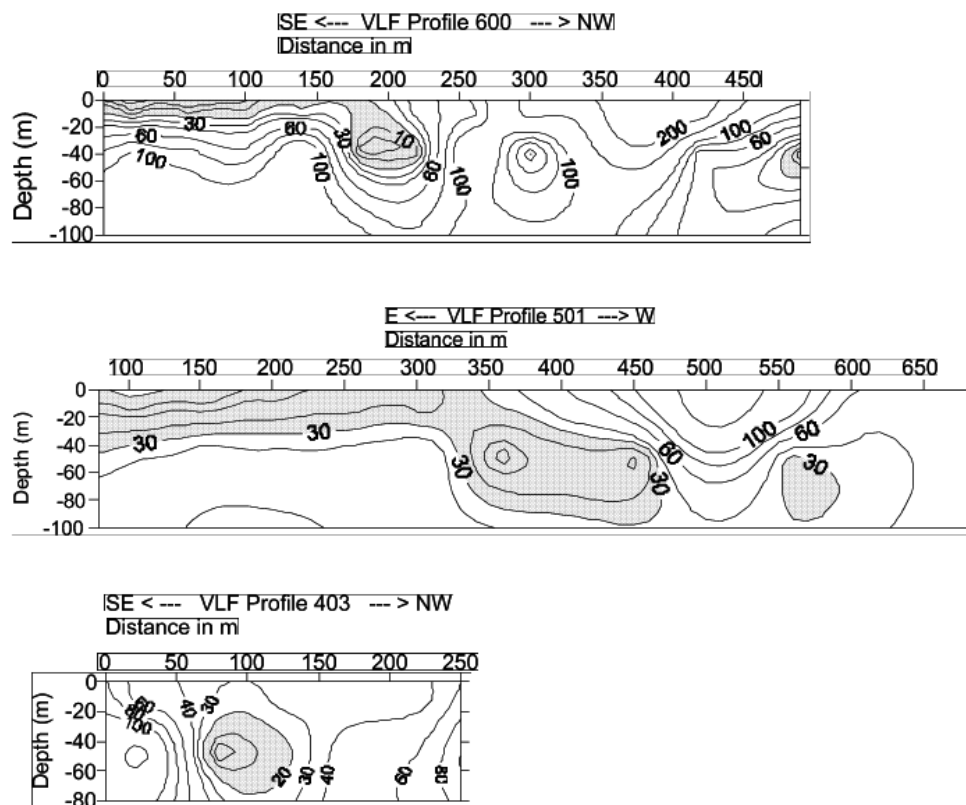


fig. 9.3.3.c. modelos de distribuição de resistividade obtidos a partir da inversão de dados de VLF perfis 600, 501 e 403.

A interpretação quantitativa dos dados de uma única frequência (VLF – EM) foi investigada por vários autores (Beamish, 1994, 2000; Chouteau et al., 1996; Kaikkonen e Sharma, 1998; Monteiro Santos et. al. 2006), que mostraram que há muita informação detalhada sobre a distribuição da resistividade na sub-superfície que pode ser obtida através da inversão regularizada dos dados.

Neste trabalho, os dados “tipper” adquiridos na Ribeira Seca foram invertidos usando uma aproximação de inversão 2-D regularizada baseada em Sasaki (1989, 2001). Os dados foram invertidos usando um meio espaço de 50 ohm-m como modelo inicial. Este valor de resistividade representa um valor médio para as estruturas localizadas longe de valores anormais de elevada (e baixa) condutividade como as estimadas no modelo obtido através da junção das inversões dos dados TE + TM e dos dados MT. Foi assumida uma margem de erro de 5% para os componentes “tipper”, real e imaginário. Os modelos de resistividade obtidos nos perfis 403, 501 e 600 são ilustrados nas Figuras 9.3.2.b. e 9.3.2.c. A discrepância entre os dados e as respostas-modelo é geralmente alta ( $> 20\%$ ) para a parte real mas mais aceitável para a parte imaginária ( $< 8\%$ ).

Na Figura 9.3.2.c., os modelos obtidos através dos perfis 600 e 501 mostram zonas de pouca profundidade ( $< 40\text{ m}$ ) e de baixa resistividade ( $< 20\text{ ohm - m}$ ) na

parte sudeste dos perfis. Ambos os modelos mostram uma profundidade relativa (> 40 m) e zonas de baixa resistividade à medida que se se aproxima da parte central do vale. O perfil 403 é dominado pelo contraste de resistividade na parte sudeste. Quanto à parte noroeste, os perfis mostram valores de resistividade superiores a 60 – 80 ohm–m que podem ser associados ao aquífero aluvionar arenoso. Tendo em conta que i) os dados VLF só continham os “tipper”; que ii) o valor inicial dos dados VLF 2–D é um valor bidimensional; e que iii) as respostas dadas aos modelos VLF 2–D são pobres e incompatíveis, os valores de resistividade mostraram que os modelos VLF devem ser usados como valores relativos, e não como valores absolutos.

### **Interpretação qualitativa dos dados VLF**

A interpretação qualitativa das pseudo–secções de densidade de corrente, obtidas pela aplicação de filtragem (filtros de Karous–Hjelt) para cada um dos perfis de VLF, apresentadas nas Figuras 9.3.1, 9.3.2, e 9.3.3, sugere que:

- i. Não há grandes contrastes na distribuição da resistividade eléctrica nas zonas mais superficiais (profundidade inferior a 60–80 m). Este facto é revelado pela fraca intensidade da maioria das anomalias de densidade de corrente.
- ii. Há, contudo, zonas que apresentam maior condutividade eléctrica. Estas zonas, reveladas pela presença das anomalias positivas de densidade de corrente, devem corresponder a zonas com maior conteúdo em água contaminada por água do mar ou a zonas com maior conteúdo em argila e água. Estas zonas poderão corresponder a zonas de circulação preferencial de água. Os dados de VLF não permitem, neste tipo de ambiente hidrogeológico, uma análise mais detalhada.

Nas Figuras 9.3.1.1, 9.3.2.1 e 9.3.3.1 apresentam-se as pseudo-seções de densidade de corrente, obtidas pela aplicação de filtragem (filtros de Karous-Hjelt) a alguns dos perfis realizados nas Ribeiras de Cumba, Seca e dos Picos.

### 9.3.1. Ribeira de Cumba

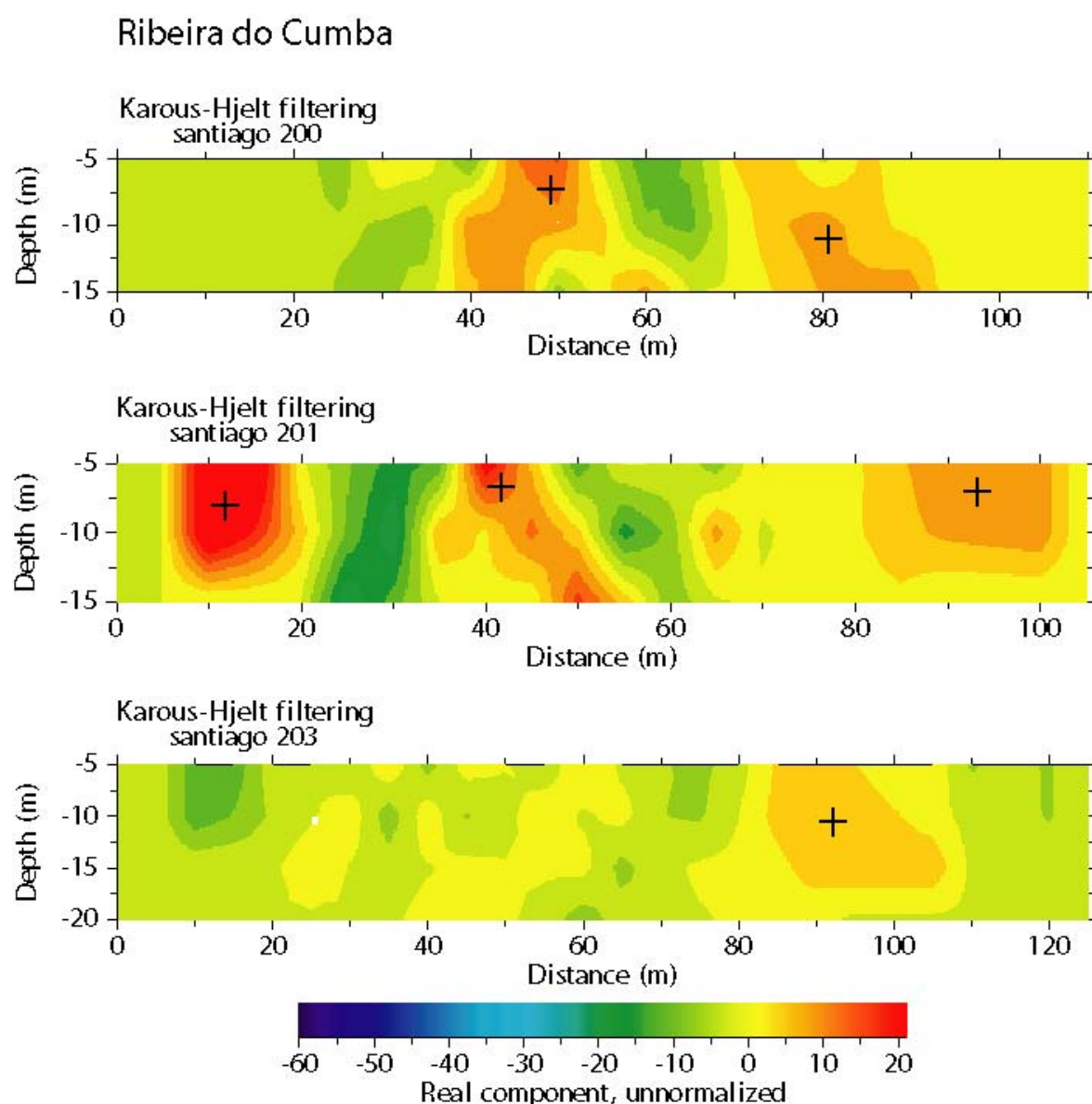


fig. 9.3.1.1. Exemplos de pseudo-seções de densidade de corrente obtidas para os perfis na Ribeira de Cumba.

### 9.3.2. Ribeira Seca

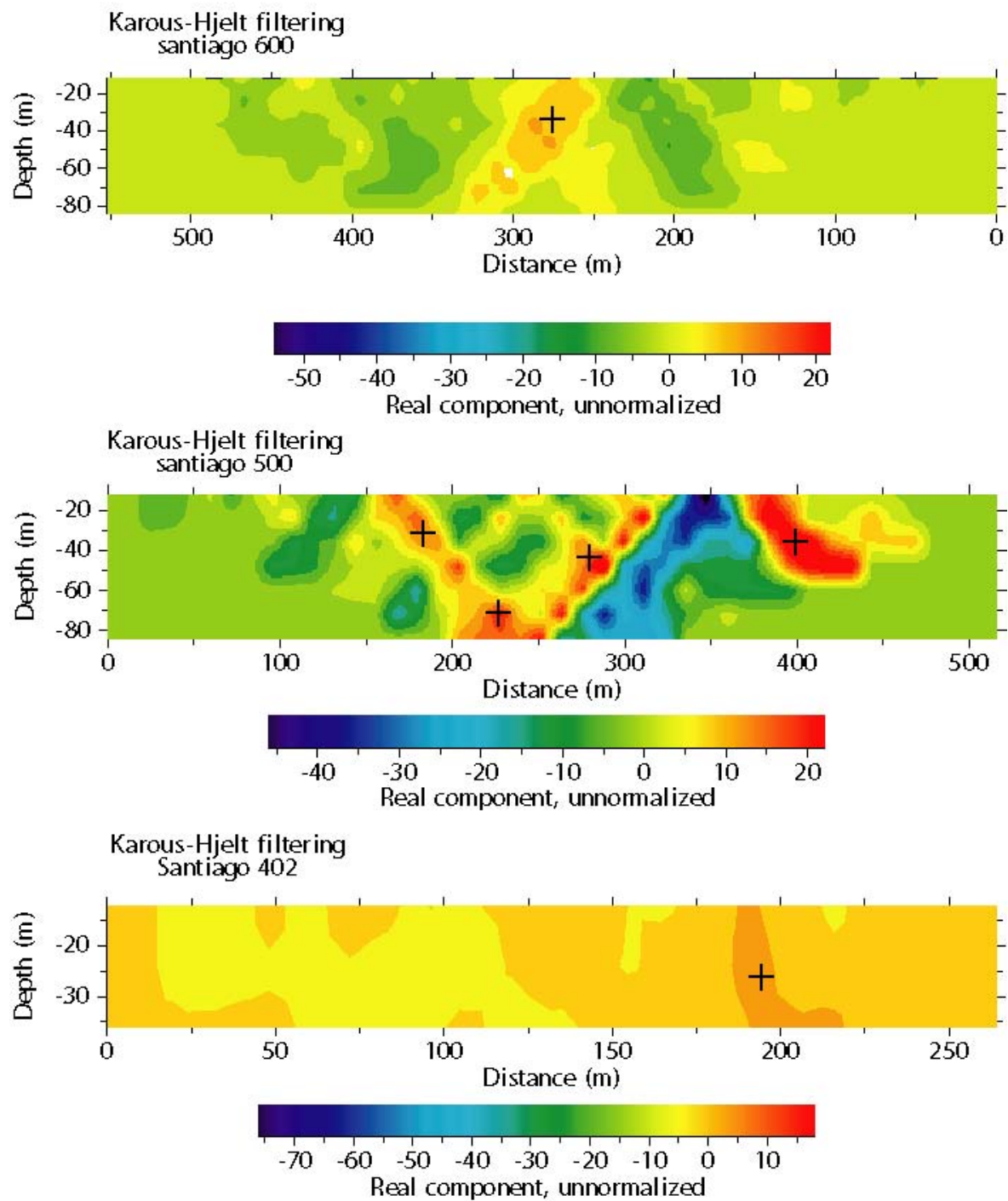


fig. 9.3.2.1.Exemplos de pseudo-seções de densidade de corrente obtidas para os perfis na Ribeira Seca.

### 9.3.3. Ribeira dos Picos

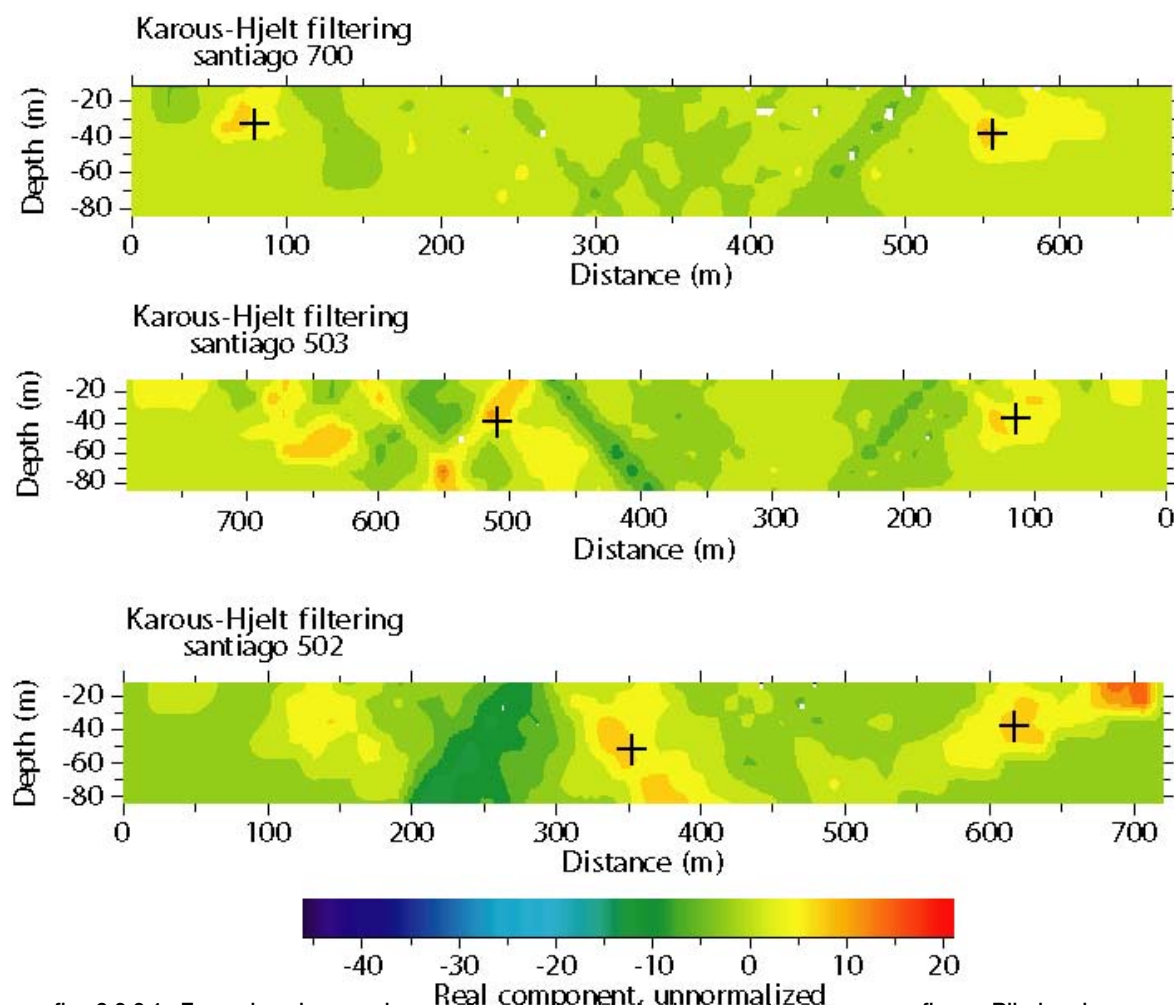


fig. 9.3.3.1. Exemplos de pseudo-seções de densidade de corrente para os perfis na Ribeira dos Picos.

## 9.4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os perfis de VLF mostram uma distribuição da resistividade, nas formações sedimentares, maioritariamente homogénea, interrompidas apenas por algumas estruturas heterogéneas, que são reveladas como zonas com uma concentração anormal de densidade de corrente relativamente alta e de baixa resistividade, como sugerem os modelos 2-D. A interpretação possível para esta concentração de corrente (baixa resistividade) é o aumento da condutividade devido à presença de água salgada. Os resultados de VLF parecem mostrar que as anomalias referentes à baixa resistividade são mais significativas em zonas próximas da linha da costa, sugerindo a contaminação pela água do mar (em zonas pouco profundas) que

decrece à medida que se vai para a zona interior dos vales. Podemos chegar à mesma conclusão pela análise da Figura 9.4.1. onde nos é apresentado um mapa do conteúdo clórico.

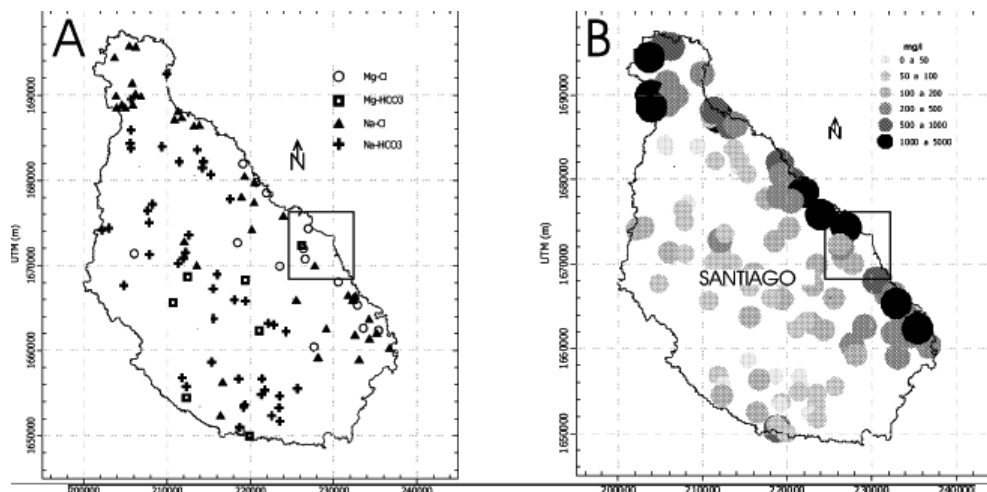


fig. 9.4.1. Conteúdo clórico da Zona de Santa Cruz (engloba as Ribeiras Cumba, Seca e Picos).

Os vales encontram-se cheios de material, principalmente, areias da praia (finas e grossas) com uma percentagem variável de argila. A espessura desta banda sedimentar é variável, mas foi estimado um máximo de 50 m através da informação retirada do corte geológico dos furos. Os resultados obtidos por Dahlin et al. (1986) numa observação da resistividade realizada no vale do Tarrafal (noroeste da Ilha de Santiago) mostrou uma camada de 300 ohm-m de resistividade entre os 10-30 m de profundidade, correspondendo ao aluvião arenoso. Por baixo desta camada foi detectada outra banda de 20-30 ohm -m de resistividade, associada à intrusão de água salgada. Estes resultados parecem apoiar a nossa interpretação. Resultados semelhantes foram obtidos por Boubekraoui et al. (1998) numa investigação realizada na área Baril (no flanco sudeste do vulcão Piton de la Fournaise na Ilha de Reunião). Usando métodos audiomagneto-telúricos, VLF e Polarização Espontânea, os autores descobriram uma zona condutora que foi atribuída a um aquífero suportado pela água do mar. A profundidade das zonas de condutividade mostradas no modelo conjunto TE e TM parece aumentar na direcção Sul - Este para Norte - Oeste, sugerindo um decréscimo do efeito da infiltração da água do mar na direcção noroeste. Isto correlaciona-se muito bem com a observação feita in situ (Pina et al., 2005) que mostra que o conteúdo Na - Cl na Ribeira dos Picos é inferior aoda Ribeira Seca, confirmada pelos resultados das análises químicas feitas pelo INGRH.

Os aquíferos de água doce encontrados nos vales são explorados com fins agrícolas. A fraca precipitação e a sobre-exploração destes aquíferos, nas últimas duas décadas, resultou numa severa contaminação de água salgada no aquífero de água doce localizado perto da costa, descritos nos modelos VLF e MT como tendo relativamente baixa resistividade.



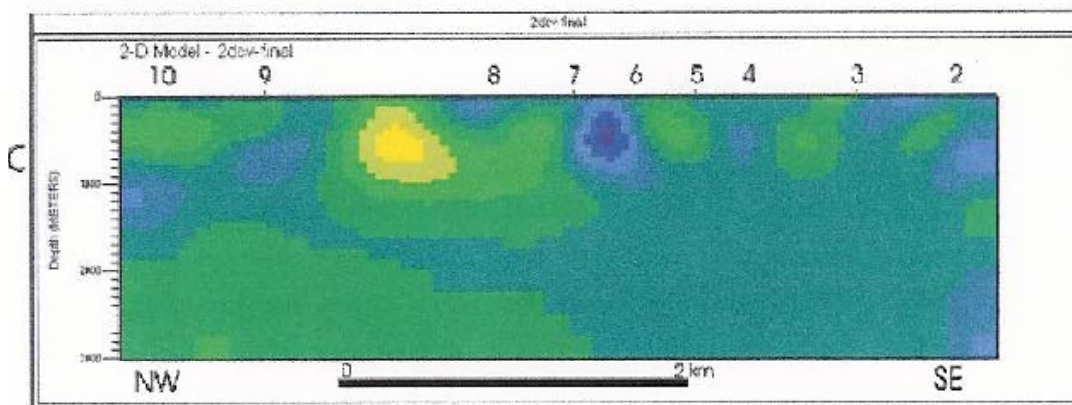


fig. 9.4.2 Modelo de resistividades obtido a partir da inversão de dados de MT adquiridos na zona de Santa Cruz

O modelo obtido pela inversão conjunta dos dados MT (Figura 9.4.2) dá-nos um modelo mais geral da estrutura geoelectrica da área estudada. As zonas condutoras imaginadas pelo modelo podem existir devido à infiltração da água salgada através das fracturas relativamente profundas (falhas?). Os vales foram provavelmente gerados pela forte erosão que ocorreu nestas zonas densamente fracturadas. Mesmo considerando a fraca resolução dos dados para as estruturas pouco profundas, o comportamento de condutividade elevada pode ser interpretado como um indicador de corrente de água do mar pela zona fracturada até ao vale. Na Ribeira Seca, as zonas de baixa resistividade alcançam a superfície, como os modelos VLF mostraram. Os modelos VLF dão uma imagem das estruturas condutoras de conteúdo sedimentar (profundidades inferiores a 80 m). Esta imagem é complementada pelos modelos obtidos a partir dos dados MT, que indicam a presença de elevada condutividade em profundidades superiores a 80m.

Os resultados obtidos nas duas campanhas geofísicas realizadas de Junho 2004 a Junho de 2005 levam-nos a fazer algumas recomendações visando, por um lado, a melhoria do conhecimento que se possui dos recursos subterrâneos em Santiago e, por outro, a protecção dos recursos existentes. Assim, recomendamos:

1. A continuação dos trabalhos de geofísica, estendendo-os ao Concelho do Tarrafal e à parte central da Ilha, região do planalto da Assomada, Concelho de Santa Catarina;
2. A extensão dos trabalhos a outras Ilhas com problemas semelhantes de intrusão salina;
3. O cruzamento dos resultados geofísicos com a base de dados existente no INGRH;
4. A realização de estudos geofísicos detalhados sempre que se pretender realizar novos furos de captação;



5. A constituição de um grupo de investigação englobando geólogos, geógrafos, hidrogeólogos, hidrólogos, hidroquímicos e geofísicos que tenham por missão elaborar e executar projectos de investigação na área da hidrologia subterrânea e hidrologia superficial.

## Referências Bibliográficas

- Bahr, K., 1991. Geological noise in magnetotelluric data: a classification of distortion types. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 60, 24–38.
- Beamish, D., 1994. Two-dimensional, regularised inversion of VLF data. *Journal of Applied Geophysics*, 32, 357–374.
- Beamish, D., 2000. Quantitative 2D VLF data interpretation. *Journal of Applied Geophysics*, 45, 33–47.
- Benson, A.K., Payne, K.L. and Stubben, M.A., 1997. Mapping groundwater contamination using resistivity and VLF geophysical method—a case study. *Geophysics*, 62, 80–86.
- Boubekraoui, S., Courteaud, M., Aubert, M., Albouy, Y. and Coudray, J., 1998. New insights into the hydrogeology of a basaltic shield volcano from a comparison between self-potential and electromagnetic data: Piton de la Fournaise, Indian ocean. *Journal of Applied Geophysics*, 40, 165–177.
- Cagniard, L., 1953. Basic theory of the magnetotelluric method of geophysical prospecting. *Geophysics*, 18, 605–635.
- Chouteau, M., Zhang, P. and Chapellier, D., 1996. Computation of apparent resistivity profiles from VLF–EM data using linear filtering. *Geophysical Prospecting*, 44, 215–232.
- Dahlin, T., Ferreira, A. and Persson, P-G., 1986. Resistivity Measurements in arid areas and volcanic formations. A field study on Santiago Cape Verde Islands. Report edited by the Swedish Agency for Research and Cooperation with Developing Countries, 49 pp.
- Descloîtres, M., Guérin, R., Albouy, Y., Tabbagh, A. and Ritz, M., 2000. Improvement in TDEM sounding interpretation in presence of induced polarization. A case study in resistive rocks of the Fogo volcano, Cape Verde Islands. *Journal of Applied Geophysics*, 45, 1–18.
- Egbert, G.D. and Booker, J.R., 1986. Robust estimation of geomagnetic transfer functions. *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, 87, 173–194.
- Groom, R.W. and Bailey, R.C., 1991. Analytical investigations of the effects of nearsurface three-dimensional galvanic scatterers on the MT tensor decomposition. *Geophysics*, 56, 496–518.
- Jones, A.G., Groom, R.W. and Kurtz, R.D., 1993. Decomposition and modelling of the BC87 data set. *J. Geomag. Geoelectr.*, 45, 1127–1150.
- Kaikkonen, P. and Sharma, S.P., 1998. 2-D nonlinear joint inversion of VLF and VLF–R data using simulated annealing. *Journal of Applied Geophysics* 39, 155–176.
- Karous, M. and Hjelt, S.E., 1983. Linear filtering of VLF dip-angle measurements. *Geophysical Prospecting*, 31, 782–794.

- Mackie, R., Rieven, S. and Rodi, W., 1997. User's manual and software documentation for two-dimensional inversion of magnetotelluric data, GSY-USA, Inc., San Francisco, CA 94114, User Documentation.
- Matos Alves, C.A., Macedo, J.R., Celestino Silva, L., Serralheiro, A., Peixoto Faria, A.F. 1979. Estudo geológico, petrológico e vulcanológico da ilha de Santiago (Cabo Verde). *Garcia de Orta, Serv. Geol., Lisboa*, 3 (1-2), 47-74.
- McNeill, J.D. and Labson, V.F., 1991. Geological mapping using VLF radio fields, in Nabighian, M.N., Ed., *Electromagnetic methods in applied geophysics II: Soc. Exp. Geophys.*, 521-640.
- Monteiro Santos, F.A., Nolasco, M.R., Almeida, E.P., Pous, J. and Mendes-Victor, L.A., 2001. Coast effects on magnetic and magnetotelluric transfer functions and their correction: application to MT soundings carried out in SW Iberia. *Earth and Planetary Science Letters*, 186, 2, 283-295.
- Monteiro Santos, F.A., Mateus, A., Figueira, J. and Gonçalves, M. A. 2006. Mapping groundwater contamination around a landfill facility using the VLF-EM method-A case study. *Jornal of Applied Geophysics* (in press).
- Pina, A.F.L., Gomes, A.M., De Melo, M.T.C. and Da Silva, M.A., 2005. Caracterização hidrogeológica das principais unidades aquíferas da ilha de Santiago, Cabo Verde (in Portuguese). *Actas da XIV Semana de Geoquímica e do VIII Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa*, Aveiro.
- Rikitake, T. and Honkura, Y., 1985. *Solid earth geomagnetism*. Terra Publ./Reidel, 384 pp.
- Sasaki, Y., 1994. 3-D resistivity inversion using the finite element method. *Geophysics*, 59, 11, 1839-1848.
- Sasaki, Y., 2001. Full 3-D inversion of electromagnetic data on PC. *Journal of Applied Geophysics*, 46, 45-54.
- Serralheiro, A., 1974. *A Geologia da Ilha de Santiago (Cabo Verde)*. PhD thesis presented at the University of Lisbon, 218 pp.
- Smith, T., 1995. Understanding telluric distortion matrices. *Geophys. J. Int.*, 122, 219-226.
- Tikhonov, A. N., 1950. On the determination of electrical characteristics of deep layers of the Earth's crust (in Russian). *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 73, 295-297.
- Vozoff, K., 1991. The magnetotelluric method, in Nabighian, M.N., Ed., *Electromagnetic methods in applied geophysics II: Soc. Exp. Geophys.*, 641-711.

**10.**

# **CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**



A investigação que foi desenvolvida ao longo dos últimos anos e que ora se apresenta nesta dissertação, pretendeu caracterizar e interrelacionar, de forma simples mas ao mesmo tempo global, a Geologia, a Hidrogeologia e a Hidroquímica dos recursos hídricos da Ilha de Santiago.

Na elaboração do modelo geológico da ilha, partiu-se da sequência vulcano-estratigráfica clássica, fundamentalmente de António Serralheiro (1976), e que contempla as seguintes unidades (das mais antigas para as mais recentes):

- I. Complexo Eruptivo Interno Antigo (CA) .
  - a. Complexo filoniano de base de natureza essencialmente basáltica (CA);
  - b. Intrusões de rochas granulares silicatadas (g);
  - c. Brechas intravulcânicas e filões brechóides (B);
  - d. Intrusões e extrusões fonolíticas e traquíticas (j);
  - e. Carbonatitos (Cb).
- II. Conglomerados anteformação dos Flamengos.
- III. Formação dos Flamengos (Ir).
- IV. Formação dos Órgãos (CB).
- V. Formação Lávica pós-Formação dos Órgãos.
- VI. Sedimentos posteriores à Formação dos Órgãos e anteriores às lavas submarinas inferiores (LRi) do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia.
- VII. Complexo Eruptivo do Pico da Antónia (PA).
- VIII. Formação da Assomada (A).
- IX. Formação do Monte das Vacas (MV).
- X. Formações Sedimentares Recentes de Idade Quaternária

Tornando-se evidente que os aspectos geomorfológicos da ilha de Santiago são importantíssimos na “entrada” do Ciclo Hidrológico e, a jusante, nas condições de armazenamento e circulação dos recursos hídricos, quer superficiais, quer subterrâneos, foram consideradas as seguintes sete Grandes Unidades Geomorfológicas:

Achadas Meridionais (I); Maciço Montanhoso do Pico da Antónia (II); Planalto de Santa Catarina (III); Flanco Oriental (IV); Maciço Montanhoso da Malagueta (V); Tarrafal (VI); Flanco Ocidental (VII).

Com o objectivo de ser definido o modelo hidrogeológico conceptual, foi considerada a seguinte sequência hidrogeológica:

Unidade Recente, constituída pela Formação do Monte das Vacas, que é muito permeável. Por isso, não permite a retenção das águas que, assim, se infiltram, privilegiadamente, em direcção ao aquífero principal. Também são integradas nesta unidade as formações aluvionares.

Unidade Intermédia, constituída pelo Complexo Eruptivo do Pico da Antónia que, por sua vez, é constituída essencialmente por mantos basálticos subaéreos e submarinos e onde se inclui, também, a Formação de Assomada. É a unidade geológica mais espessa, mais extensa e que facilita a circulação da água no seu seio, apresentando uma permeabilidade bastante superior à da Unidade de Base assumindo, por isso, as características do aquífero principal.

Unidade de Base, que engloba o Complexo Eruptivo Interno Antigo, a Formação dos Flamengos e a Formação dos Órgãos e se caracteriza por possuir um grau de alteração relativamente elevado, de que resulta uma permeabilidade relativamente baixa e, por conseguinte, também produtividade relativamente fraca.

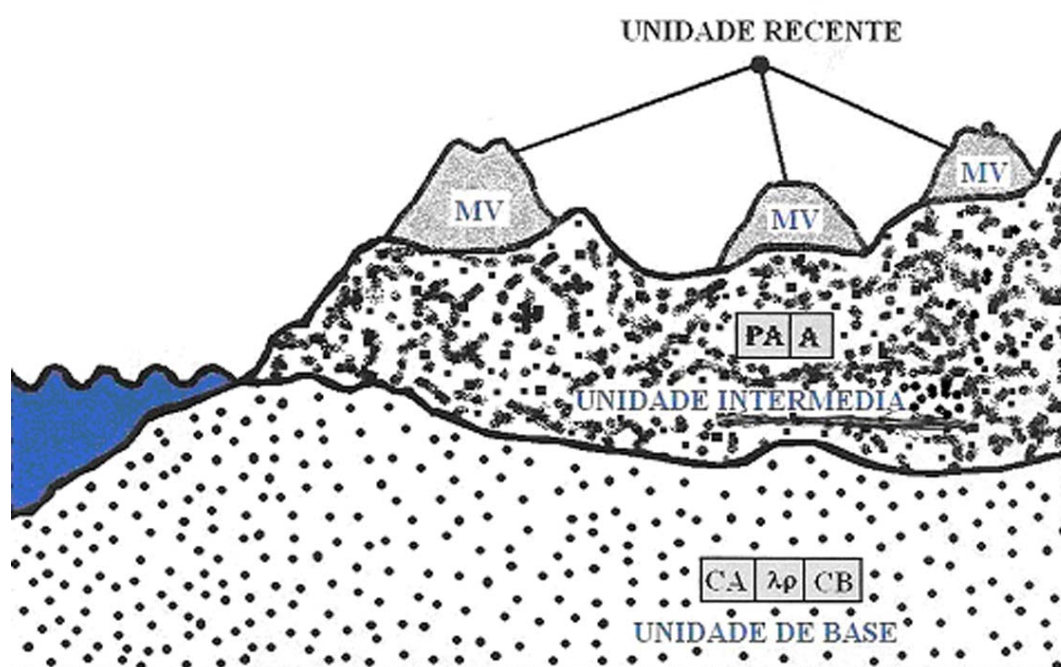


fig. 10.1. Esquema hidrogeológico geral para a ilha de Santiago.

A irregularidade do clima, a notável influência da orografia no regime e nas alturas de precipitação, bem como de outros factores tais como as temperaturas, pressão atmosférica e as correntes marítimas, são temas abordados no capítulo de Climatologia.

No capítulo de Hidrogeologia, e partindo de um inventário hidrogeológico detalhado realizado em toda a ilha, apresenta-se a rede de observação e controlo sobre a qual, nos anos 2002, 2003, 2004, 2005 e 2006, foi exercida particular atenção e recolhidos dados posteriormente analisados. Deste trabalho pode concluir-se que é nas bacias das ribeiras de S. Domingos, Seca e de St.<sup>a</sup> Cruz que há maiores extracções de água subterrânea. Há furos de captação nestas ribeiras com explorações de caudais e períodos

de bombagem, por vezes, elevadíssimos, pelo que se recomenda a implementação de um controlo rigoroso com a introdução de medidas de correcção eficazes.

Pode ainda concluir-se que o sistema de exploração e gestão tem sido feito com certo rigor nos concelhos de Tarrafal, St.<sup>a</sup> Catarina e S. Miguel.

Há furos piezométricos fora de uso, ou porque se encontram entupidos, ou porque a cabeça do furo se encontra calcinada, pelo que se recomenda a execução de novos furos em locais onde se torna evidente a falta de furos piezométricos e de controlo salínico, assim como a recuperação de alguns, de modo a possibilitar uma adequada malha piezométrica da ilha.

O seguimento dos pontos de água seleccionados no decorrer do ano 2003, confirmaram que o Complexo Eruptivo Principal (C.E.P), também conhecido pelo Complexo Eruptivo do Pico de Antónia (PA) é o aquífero principal da ilha, devendo-se destacar a sub-unidade formada por mantos basálticos submarinos (pillow-lavas) que fornece um caudal horário de cerca de 35m<sup>3</sup>/h a 40m<sup>3</sup>/h para uma bombagem diária aconselhada, tecnicamente, de doze horas, com possibilidades de aumentar o número de horas de bombagem por dia, caso as circunstâncias assim o exigirem, com a obrigatoriedade de se implementar um controlo rigoroso da exploração, a nível geral da ilha.

Recomenda-se também a implementação de cuidados especiais na parte terminal das ribeiras, principalmente quando os furos estão implantados em mantos basálticos submarinos (pillow-lavas) do Complexo Eruptivo do Pico de Antónia (PA), pois já há indícios de intrusão salina, nomeadamente na Ribeira Seca, do concelho de St.<sup>a</sup> Cruz, na Achada Baleia, do concelho de S. Domingos e em Chão Bom, do concelho do Tarrafal.

Como conclusão, ainda, evidenciar que o Complexo Eruptivo do Pico de Antónia (PA) e a Formação da Assomada (A) são as formações mais produtivas e as que produzem água de melhor qualidade.

Considerada a ilha no seu todo, pode tratar-se como uma única grande “toalha”. Por isso, o esquema hidráulico geral é o de um grande reservatório central (região da Assomada, entre o maciço do Pico de Antónia e o maciço da Malagueta) constituído, essencialmente, pela Unidade Intermédia, drenada pelos numerosos vales. Os escoamentos à periferia deste reservatório fazem-se quer na base das grandes escoadas que descem até ao mar, quer no substrato constituído pelas formações da “Unidade de Base” (CA, r, CB).

Nas zonas periféricas, os diversos aquíferos são drenados pelos níveis de permeabilidade elevada, (Casos concretos da Ribeira Seca e da Ribeira dos Picos no Concelho de Santa Cruz) e as pillow – lavas do Complexo Eruptivo do Pico de Antónia, principalmente nos concelhos de Santa Cruz, do Tarrafal e da Praia, que têm proporcionado furos com caudais da ordem de 35/40 m<sup>3</sup>/h e uma bombagem aconselhada de 12 horas por dia e de água de boa qualidade.

Tendo em vista precaver-se contra indícios de contaminação salina na parte terminal das ribeiras, recomenda-se um rigoroso controlo que evite ao máximo depressões pronunciadas dos níveis de água nas partes média e alta das ribeiras.

Inclui-se, também neste capítulo, a interpretação de dados de ensaios de caudal que possibilitou a avaliação de parâmetros hidráulicos das três unidades hidrogeológicas consideradas. Pode concluir-se:

A UNIDADE DE BASE é constituída pelo Complexo Eruptivo Interno Antigo(CA) de idade ante-Miocénico médio, a Formação dos Flamengos (Ir) do Miocénico médio, e a Formação dos Órgãos Conglomerático-Brechóide, também do Miocénico médio. Caracteriza-se por um grau de compactação elevado que lhe confere uma baixa permeabilidade relativamente às formações geológicas mais recentes. Esta unidade tem valores médios de transmissividade bastante baixos ( $0,2$  a  $5 \cdot 10^{-5}$  m<sup>2</sup>/s) e caudais médios de exploração também reduzidos. Os caudais máximos esperados são da ordem de  $5$  a  $7$  m<sup>3</sup>/h.

No caso da Formação dos Flamengos, quando se exploram mantos basálticos submarinos (com pillow-lavas), a produtividade é mais elevada.

No que respeita à qualidade, as águas desta unidade apresentam-se em geral com mineralizações elevadas e tanto mais, quanto mais antigas forem as formações captadas.

A UNIDADE INTERMÉDIA é constituída pelas formações do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia (PA), do Mio-Pliocénico e da Assomada (A) de idade Pliocénico. O Complexo Eruptivo do Pico da Antónia é a unidade geológica mais extensa e espessa da ilha e apresenta uma permeabilidade muito superior à série de base, constituindo assim a principal unidade aquífera.

Nas zonas onde predominam pillow lavas ( fácies submarina), os valores da transmissividade são da ordem de  $10^{-1}$  a  $2 \cdot 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s. Nas zonas de brechas ( fácies subaérea), a transmissividade média é de  $1$  a  $2 \cdot 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s. A produtividade é elevada, da ordem dos  $35$  a  $40$  m<sup>3</sup>/h nos mantos basálticos submarinos.

O caudal médio de exploração na Formação da Assomada ronda  $20$ - $25$  m<sup>3</sup>/h e rebaixamentos pouco importantes, sendo esta produtividade similar à da fácies subaérea do Pico da Antónia. A transmissividade calculada é de  $10^{-4}$  a  $5 \cdot 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s.

As características qualitativas das águas desta unidade são as melhores da ilha de Santiago.

A UNIDADE RECENTE é constituída pela Formação do Monte das Vacas (MV) de idade Pliocénico e aluviões (a) do Quaternário. A Formação do Monte das Vacas (MV), formada principalmente por cones piroclásticos basálticos e derrames associados, é muito permeável, facilitando a infiltração das águas em direcção ao aquífero principal. Os aluviões (a), comportam-se de acordo com as respectivas granulometrias, espessuras e percentagens de argilas. Assim, quando se apresentam espessas, grosseiras e isentas



de argila, possuem porosidade e permeabilidades elevadas, pelo que permitem furos de grande produtividade, como se pode observar na parte terminal da Ribeira dos Flamengos, Achada Baleia, Seca e na Ribeira dos Picos, chegando a atingir caudais médios de exploração 40 m<sup>3</sup>/h, com uma exploração média de 12 horas/dia e com uma transmissividade de 10<sup>-1</sup> a 2.10<sup>-2</sup> m<sup>2</sup>/s. Quando observados a montante e com espessuras reduzidas o caudal médio de exploração é de 8 m<sup>3</sup>/h e com uma transmissividade de 10<sup>-4</sup> a 10<sup>-5</sup> m<sup>2</sup>/s.

O modelo hidrogeológico conceptual pode, então considerar-se:

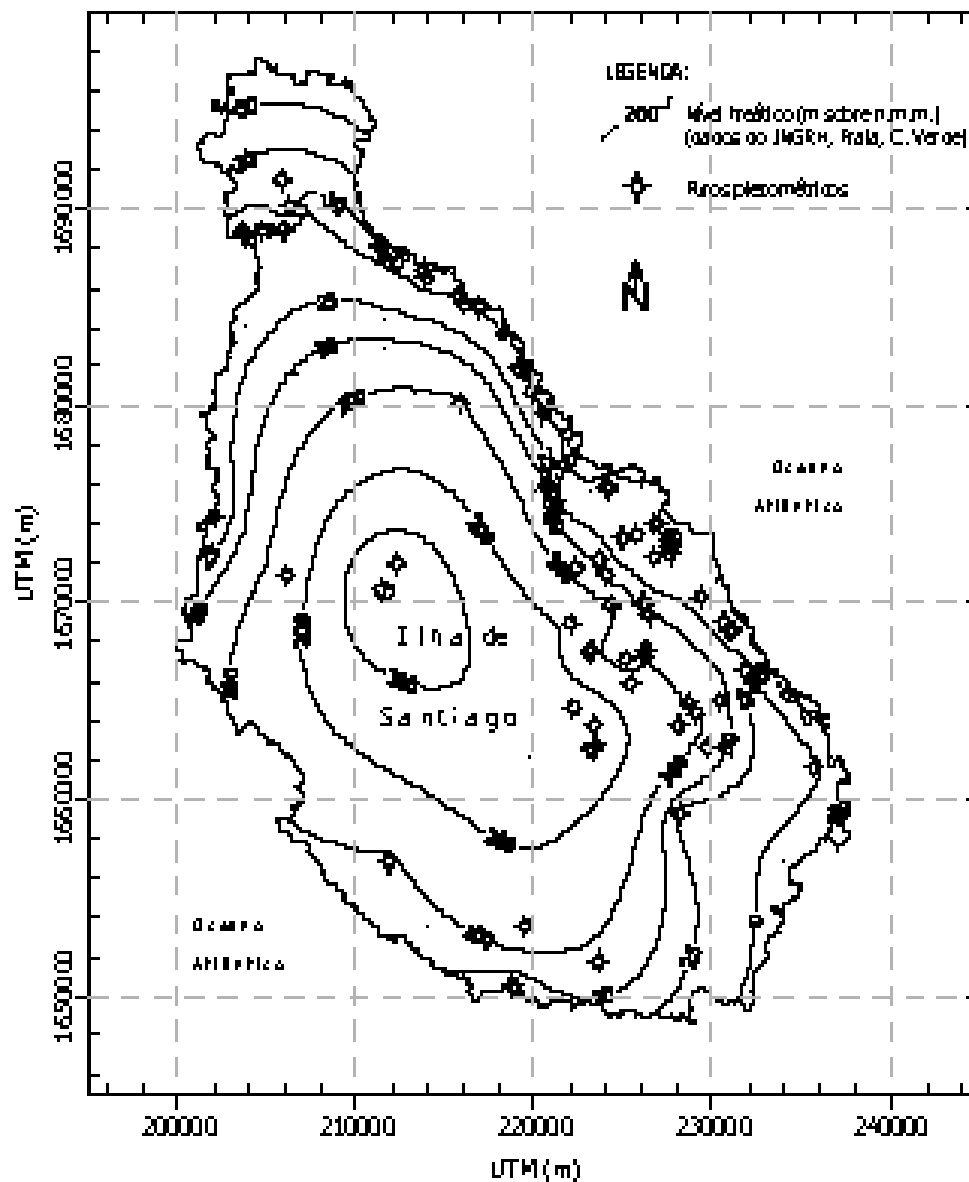


Fig 10.2. Mapa piezométrico da ilha de Santiago (Pina et al., 2005).



- > o funcionamento hidráulico geral apresenta o sentido do fluxo subterrâneo "centrífugo", da parte central para as zonas costeiras;
- > superfície piezométrica cuja configuração se assemelha à orografia da ilha: valores altos na parte central;
- > recarga nas partes elevadas onde as precipitações são muito maiores que nas zonas de cotas baixas;

Pode também concluir-se pela evolução dos níveis piezométricos que a exploração é superior à recarga, razão que explica a ocorrência de intrusão marinha em algumas zonas, tais como Ribeira Seca e Achada Baleia.

Quanto à caracterização hidroquímica, foi possível concluir que:

- > a fácies predominante, na parte elevada da ilha (ausência de contaminações), é Na-HCO<sub>3</sub>-Cl, o que revela influência do aerosol marinho e do CO<sub>2</sub> do solo, sendo o pH ligeiramente ácido;
- > junto à costa, a composição é Mg-Cl ou Na-Cl, com valores de pH mais altos, havendo já evidentes fenómenos de intrusão marinha;
- > a Unidade de Base é essencialmente cloretada-bicarbonatada sódica, tem condutividades eléctricas relativamente baixas, pH levemente ácido;
- > a Unidade Intermédia, de fácies idêntica à anterior, mas com predomínio do bicarbonato e maiores valores de condutividade eléctrica e pH também mais altos;
- > a Unidade Recente apresenta fácies variando entre cloretada sódica e magnesiana, associadas a altas condutividades eléctricas. Junto à costa há intrusão marinha.

Também pode ser concluído que há contaminações resultantes da actividade agrícola, nomeadamente na Unidade Recente, onde se situam as explorações mais importantes, com teores de nitratos já proibitivos.

Daqui resulta uma fortíssima recomendação sobre a necessidade de controlo e gestão racional da exploração destes recursos.

No capítulo Hidrologia Superficial é abordada a importância da execução de aproveitamentos dos recursos hídricos superficiais e que, também, servirão para aumentar a taxa de infiltração.

É apresentado o aproveitamento do Poilão.

Finalmente apresentam-se os resultados da aplicação do método VLF, método geofísico, que permitiu concluir que:

- > é adequado à identificação de zonas onde a intrusão marinha se desenvolve;
- > é um excelente complemento das deduções geológicas feitas em superfície, associadas aos dados proporcionados por sondagens mecânicas, pois extrapolam espessuras, profundidades, etc.

Como os métodos geofísicos não são invasivos e são relativamente rápidos de implementar, recomenda-se a sua utilização com vários objectivos:

- > controlo do avanço da interface água doce/água salgada;
- > localização de novas captações de água subterrânea.



Os anexos desta tese apenas poderão ser consultados através do CD-ROM.

Por favor queira dirigir-se ao 4º piso da Biblioteca e solicitá-lo no balcão de atendimento.